

asidiomyces

CAB INTERNATIONAL
MYCOLOGICAL INSTITUTE
LIBRARY

28 JAN 1992

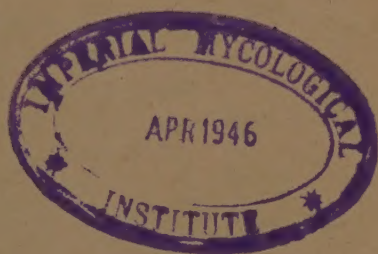
FALCK, R.

Die Sporenverbreitung bei den Basidiomyceten

und der biologische Wert der Basidie.

Von

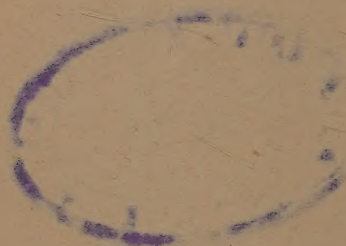
Dr. Richard Falck.



Mit 6 Tafeln.

Sonder-Ausgabe von „Beiträge zur Biologie der Pflanzen,
Band IX, Heft 1.“

Breslau 1904.
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).



Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Unsere bisherigen Kenntnisse über die Sporenverbreitung bei den Basidiomyceten	3
1. Die Verbreitung der Basidiensporen über die Flächen der Unterlage	7
2. Die Verbreitung der Sporen in den umgebenden Raum.....	10
3. Über die Einflüsse, die Licht und Wärme auf die Sporenverbreitung ausüben	16
4. Über den Einfluß der Beschaffenheit der Flächen.....	18
5. Die Sporenverbreitung der Hutpilze in zeitlicher Folge.....	21
6. Der Einfluß der räumlichen Lagerung der Basidien auf die Aus- breitung der von ihnen gebildeten Sporen	22
Wärmebildung als die Ursache der selbsttätigen Sporenverbreitung bei den Basidiomyceten	27
Ein Apparat in Pilzform zur Verbreitung feinsten Pulver.....	41
Das Wesen und die Bedeutung der durch geringe Temperaturunterschiede hervorgerufenen Luftströmungen	43
Der biologische Wert der Basidie	47
Über die Verbreitung der Sporidien bei den Rostpilzen.....	54
Der Sinn der Fruchtkörperbildung bei den Basidiomyceten.....	56
Die ökogenetische Weiterentwicklung der Basidiomyceten-Fruchtkörper und der Wertverlust der Basidie	65
Die Bedeutung der Sporenverbreitung bei den Basidiomyceten im Haus- halte der Natur und des Menschen.....	69
Die Organisation als System von Lebenseinheiten	77

Die Sporenverbreitung bei den Basidiomyceten und der biologische Wert der Basidie.

Von Dr. Richard Falck.

Mit Tafel I—VI.

Die Pilze sind ebensowenig den grünen Pflanzen wie den Tieren zuzurechnen, sie bilden ein grosses Organismenreich für sich und beanspruchen eine eigne Disziplin, wie dies von meinem Lehrer Brefeld in seinen Vorlesungen seit Jahren betont wird. Sie erreichen eine hohe und eigenartige morphologische Differenzierung und existieren in unzähligen Gattungen und Arten, ohne daß eine sexuelle Differenzierung an der Ausbildung dieses Formenreichtums beteiligt ist¹⁾. In dem Verlust der Sexualität bei ihren höher entwickelten Familien tritt die Eigenart der Pilze zu Tage gegenüber den beiden anderen Reichen der Lebewesen, doch sind sie von den grünen Pflanzen noch besonders unterschieden durch den Mangel des Assimilationsapparates, der Bildungsstätte aller organischen Substanzen, während das Fehlen differenzierter Bewegungs- und Sinnesorgane sie außerdem von den Tieren unterscheidet. Die Organisation der Pilze ist deshalb eine verhältnismäßig sehr einfache, und ihre Funktionen sind nur auf die Ausnutzung bereits gebildeter organischer Substanzen gerichtet, von denen sie ausschließlich leben. Die Beziehungen, welche zwischen der Organisation der lebendigen Substanz und den Lebensbedingungen in der Außenwelt bestehen, werden deshalb bei den Pilzen am einfachsten zu analysieren sein. Hierauf wurde ich bereits durch meine ersten Untersuchungen über *Sporodinia grandis*²⁾ hingeletet, die das Resultat ergaben, daß die Funktionen und

¹⁾ Brefeld hat durch seine umfangreichen Untersuchungen, besonders im III. VII. VIII. IX. und X. Hefte seines Werkes „Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mycologie“, den Nachweis erbracht, daß die bei den einfachsten Formen der Pilze noch vorhandene Sexualität allmählich erlischt und daß die Ascomyceten und die Basidiomyceten als geschlechtslose Lebewesen zu betrachten sind. Brefeld hat auch zuerst erkannt und betont, daß dies Moment die Entwicklungsrichtung der Pilze gegenüber derjenigen der grünen Pflanzen besonders charakterisiert. (Kernverschmelzungen im Askus und in der Basidie sind als sexuelle Differenzierungen nicht wohl anzusehen.)

²⁾ R. Falck, Die Bedingungen und die Bedeutung der Zygotenbildung bei *Sporodinia grandis*. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. VIII.

Gestaltungen der beiderlei Fruktifikationsorgane als zweckmäßige Anpassungszustände (Ökologismen¹⁾) dieses Pilzes an seine besonderen Lebensverhältnisse verständlich werden.

Für das Studium der Anpassungszustände und ihrer Entstehung (Ökogenese¹⁾) im Pflanzenreich sind die Pilze daher die geeignetsten Objekte, und doch ist keine Gruppe der Lebewesen bisher biologisch so wenig verstanden worden wie die am höchsten differenzierten Pilze, die Basidiomyceten. Welchen Sinn hat die Ausbildung dieser mächtigen Hutpilze mit ihren reichen Nährstoffmengen, die für die Sporenbildung nur zum geringsten Teile verwertet werden? Wozu dient die Ausbildung der unzähligen Sporen, wenn sie über das Bereich des eignen Hutes nicht wesentlich hinausgelangen? Welchen Zweck hat die Bildung der Sporen überhaupt, wenn sie nicht keimfähig sind, wie dies die bisherigen Forschungen bei den meisten Formen ergeben haben?

Mit der letzten dieser Fragestellungen begannen meine Untersuchungen, und ich war zunächst in dem Glauben befangen, daß Maden und andere Tiere, welche den Nährstoffen der Hutpilze ihr Dasein verdanken, gleichzeitig die Verbreiter der Pilzsporen seien, nach Analogie der saftigen Früchte bei den Pflanzen, die als Hilfsmittel für die Verbreitung der Samen gebildet werden. Ich ließ deshalb die Sporen verschiedener — weiter unten benannter — Basidiomyceten den Madenleib passieren und prüfte sie dann auf ihre Keimfähigkeit. Die aus den Exkrementen der Maden wiedergewonnenen Sporen sind natürlich stark mit Bakterien verunreinigt, und es bedarf sehr sorgfältiger Versuche, um die Beobachtung der Sporen in Nährlösung für längere Zeit zu ermöglichen. In keinem einzigen Falle konnte aber eine Keimung beobachtet werden, ja selbst die keimfähigen Sporen von Collybien und Brandpilzen, die in gleicher Art von Maden aufgezehrt und scheinbar ganz unversehrt aus den Exkrementen wiedergewonnen wurden, hatten ihre Keimfähigkeit fast vollständig eingebüßt. Anders verhält es sich mit den dunkelgefärbten Sporen der mistbewohnenden Basidiomyceten und Ascomyceten, die den Verdauungskanal der Säugetiere nicht bloß ohne Nachteil passieren können, sondern zum Teil erst hierdurch ihre volle Keimfähigkeit erhalten.

Auch die Frage, ob die Sporen der Basidiomyceten, deren Keimung bisher nicht beobachtet werden konnte, vielleicht erst eine Ruheperiode durchmachen müssen, bevor sie keimfähig werden, ist von mir experimentell bei den folgenden Pilzen geprüft worden: *Boletus edulis* Bull., *B. scaber* Bull., *B. luteus* L., *Cantarellus cibarius* Fr., *Tricholoma equestre* L., *Russula emetica* Schaeff., *Lepiota procera* Scop., *Lycoperdon piriforme* Schaeff. und *L. gemmatum* Batsch, *Scleroderma vulgare* Fl. dan., *Elaphomyces granulatus* Fr. Die frisch aufgefangenen reinen Sporen wurden für die Prüfung zwischen ausgeglühte poröse Tonplättchen gebracht,

¹⁾ Nach Carl Detto, Die Theorie der direkten Anpassung etc. Jena 1904.

die auf den Innenflächen kleine Vertiefungen trugen und an den Rändern teils mit Gips, teils mit Heftpflasterstreifen gedichtet waren. So vor Tierangriffen geschützt, wurden sie dann teils dicht unter der Erde, teils unter Moos an solchen Orten in der freien Natur aufbewahrt, an denen die betreffenden Pilze natürlich vorkommen. Nach einjähriger Aufbewahrung wurden die reingeblichenen Sporen sowohl in Wasser wie auch in den verschiedenen Nährlösungen kultiviert, doch blieben alle diese Versuche resultatlos.

Dagegen ist es mir gelungen, die beiden ersten Fragen nach der Bedeutung der Fruchtkörper- und Sporenbildung erfolgreich zu lösen und zwar durch die Beobachtung, wie diese Pilze ihre Sporen verbreiten.

Unsere bisherigen Kenntnisse über die Sporenverbreitung bei den Basidiomyceten.

Ganz allgemein bekannt sind die Sporenbilder der Basidiomyceten, die man erhält, wenn man die abgeschnittenen Hüte mit der Unterseite auf ein gefärbtes Papier legt. Die Summe der abgefallenen Sporen zeichnet dann im Verlauf einiger Stunden das genaue Bild der hymeniumtragenden Unterseite des Hutes — der Hymenophore — auf das Papier ab, sodaß man aus den Sporenbildern genaue Aufschlüsse über den Verlauf der Lamellen, der Poren etc. erhalten kann. In Pilz-Herbarien werden deshalb neben den durch das Trocknen geschrumpften Hüten solche Sporenbilder zur Darstellung gebracht¹⁾.

Der erste, der meines Wissens die weitere Beobachtung gemacht hat, daß die Sporen der Basidiomyceten sich auf der Unterlage über den Bereich des Hutes hinaus verbreiten, „wenn sich ein Zwischenraum befindet zwischen dem Rand des Hutes und dem Körper, dem er aufliegt,“ ist Bouillard²⁾. Dieser Mykologe hält die Basidien deshalb für elastische Fäden, welche die Sporen mit einer Schleuderbewegung austreuen. Ähnliche Beobachtungen haben nach ihm noch Hoffmann³⁾ und de Seynes⁴⁾ mitgeteilt. Hoffmann gibt an, „daß die Sporen infolge ihrer ungeheuren Leichtigkeit weit fortgetragen würden, doch stets nur schief abwärts, in ruhiger Luft niemals aufwärts.“ Bei *Polyporus destructor* sah er in schwach bewegter Luft weiße Wolken von Sporen wie rauchend aufsteigen und langsam fortziehen. In vollständig abgeschlossener und ruhiger Luft gelangten dagegen keine Sporen auf eine Glasplatte, welche nur $\frac{3}{4}$ Zoll über dem Pilze schwebte, während auf einer $2\frac{1}{2}$ Zoll unterhalb des Pilzes befindlichen Glastafel die Sporen fast über das sechsfache des Pilzumfanges gleichmäßig

1) Vergl. G. Herpell, Sammlung präparierter Hutpilze. St. Goar, Selbstverlag.

2) Bouillard, Champ. de Fr. I, p. 52.

3) Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. 2, 1860, p. 315.

4) De Seynes, Annales des sciences nat. V. Ser., 1864, p. 252.

bis an den Rand bedeckten. Hoffmann glaubt, daß die Sporen etwa durch Ausreckung und Verkrümmung der austrocknenden Sterigmen schwach seitwärts geschleudert werden und dann niederfallen. Auch de Seynes gibt an, beobachtet zu haben, daß die Sporen manchmal die Punkte überschreiten, wohin sie naturgemäß fallen müßten, nämlich unter die Lamellen. Er hat schon versucht, das Phänomen der außerordentlichen Zartheit der Sporen zuzuschreiben, die durch die geringsten Luftströmungen fortgeführt werden könnten. Doch beschreibt er dann ausführlich eine Beobachtung, daß ein Hut von 8 cm Durchmesser seine Sporen über eine 17 cm breite Grundfläche ausgebreitet hat in einem gut verschlossenen Schreibtisch, wo Bewegungen der feuchten Atmosphäre damit nicht in Verbindung zu bringen waren. Hierdurch glaubt auch de Seynes die Tatsache des Schleuderns seitens der Basidien konstatiert zu haben.

De Bary¹⁾ glaubt, indem er in seiner Morphologie und Physiologie der Pilze über diese Beobachtungen von Bouillard und Hoffmann berichtet, daß die Sterigmen der Basidiomyceten ähnliche hygroskopische Erscheinungen und Drehungen zeigen wie die Conidienträger von *Peronospora*, welche beim Austrocknen zur Zeit der Sporenreife zu bandförmiger Blättergestalt collabieren und sich dabei um ihre eigene Längsachse drehen.

Die erste mikroskopische Beobachtung, wie das Sporenabwerfen bei den Basidiomyceten tatsächlich erfolgt, ist meines Wissens von Brefeld²⁾ gemacht worden, als er die Entwicklungsgeschichte des *Coprinus stercorarius* lückenlos verfolgte. Bei diesem Pilz werden nach Brefeld die Sporen und die Sterigmen gleichzeitig ausgebildet und auch gleichzeitig entleert, sodaß hier der Akt des Sporenwerfens ein einmaliger ist. Brefeld sagt wörtlich: „Die Sporen fallen von der Spitze der Sterigmen, die an ihrer Spitze aufplatzen, wie ein dichter Regen in dunklen Wölkchen sichtbar zur Erde herab. Es genügt eine Minute Zeit während dieses Aktes, um auf einem untergelegten Glase den Abdruck des Hutes zu bekommen. Der ganze Akt dauert nur 2—3 Stunden, und dichte Sporenmassen bedecken den Boden rings um den Stiel.“ In der Anmerkung 2 auf Seite 65 l. c. sagt Brefeld über den Mechanismus des Sporenwerfens dann folgendes: „Die Sporen werden durch Aufplatzen der Sterigmen abgeschleudert. Es tritt nach dem Abwerfen der Sporen, welches bei allen 4 Sporen einer Basidie stets gleichzeitig erfolgt, aus den Sterigmen ein kleines Tröpfchen hervor, welches anzeigt, daß sie offen sind. Die Basidien sind vor dem Abwerfen der Sporen elastisch gespannt; ebendarum erfolgt ein plötzlicher Ruck, wenn die Sporen abgeworfen werden, die Sterigmen aufplatzen und die Basidien durch Kontraktion ihrer elastisch gespannten Membran nach Maßgabe ihrer Spannung von ihrem Inhalt entleeren. Die abgeworfenen Sporen führen

¹⁾ de Bary, Morph. und Phys. der Pilze etc. Leipzig 1866.

²⁾ Brefeld, Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze, III. Heft, Basidiomyceten I, S. 65 und 66.

stets von dem ejakulierten Inhalt der Basidie mit sich. Sobald man sie in zweckmäßiger Weise auf einem reinen Deckglase auffängt und zugleich den Prozeß der Sporenentleerung unter dem Mikroskop kontinuierlich verfolgt, sieht man, wie sie mit dem Inhalte ankommen, wie dieser aber, weil er nicht bedeutend ist, schnell verdunstet, also entweder gar nicht, oder nur kurze Zeit gesehen werden kann.“ Bei den meisten anderen Hutpilzen erfolgt die Sporenentleerung nach Brefeld aber in anderer Art, weil bei diesen die Huthaut des gespannten Hutes intakt bleibt und die Lamellen nicht aufgespalten werden wie bei *Coprinus*. Es kann daher die Entleerung der Sporen nicht durch einfaches Abfallen von den gespaltenen und horizontal ausgebreiteten Hymenialflächen geschehen. Die Lamellen bleiben hier geschlossen, und es bestehen nur enge Zwischenräume, in welche die Sporen durch schwache Ejakulation geworfen werden, um dann zu Boden zu fallen. (Brefeld, l. c. S. 32, bei *Amanita muscaria*.)

Weitere Beobachtungen über die Sporenverbreitung bei einigen mistbewohnenden Basidiomyceten sind dann von Emil Christian Hansen veröffentlicht worden¹⁾. Hansen gibt gleichfalls an, daß z. B. bei *Coprinus stercorarius* die Sporen mit großer Kraft ausgeschleudert würden. Hansen hat dann besonders den *Agaricus semiglobatus* beobachtet. Diese Form soll nur einen kleinen Teil der Sporen am Tage mit geringer Kraft, den Hauptteil aber des Nachts im Dunkeln mit großer Kraft ausschleudern. Ein Fruchtkörper, dessen Stiel 60 mm hoch war, warf seine Sporen in eine Entfernung von 100 mm von demselben aus. Sowohl des Tags wie des Nachts wurden die Sporen in derselben Richtung, nämlich nach der von dem Licht entfernten Seite, ausgeworfen. Die ausgeworfenen Sporen können auf Papier, das unter dem Hut angebracht ist, aufgefangen werden. Das Tagesbild ist ein ziemlich schwach gefärbtes fächerförmiges, des Nachts dagegen eine schwarzbraune, lange, keilförmige Figur. In einem Versuche wurde nun ein Stückchen der von dem Lichte entfernten Seite des Hutes abgeschnitten. Es zeigte sich dann, daß der äußere Teil der von den Sporen gebildeten Figur einen entsprechenden Ausschnitt bekam. Hansen glaubt, hierdurch dargetan zu haben, daß die in der größten Entfernung ausgeschleuderten Sporen aus dem von dem Licht entfernten Teil des Hutes herrühren.

Dieselbe Beobachtung an mistbewohnenden *Agaricineen*, welche ich schon im Jahre 1902 mitgeteilt habe²⁾, war der Ausgangspunkt zu diesen Untersuchungen. Die Fruchtkörper von *Agaricus coprophilus*, *Chalymotta*

¹⁾ Nogle Undersøgelser over Agaricinres Biologie (Einige Untersuchungen über die Biologie der Agaricineen). (Vortrag in der biologischen Gesellschaft zu Kopenhagen am 28. Oktober 1897. Hospitalstidende 1897, No. 46, p. 1109.) Referat im Botanischen Zentralblatt, Bd. 74, S. 114.

²⁾ R. Falck, Die Kultur der Oidien und ihre Rückführung in die höhere Fruchtform bei den Basidiomyceten in Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. VIII.

campanulata und *Auellaria semiglobata* verbreiten ihre Sporen, wie dies in meiner Arbeit beschrieben ist, nicht bloß über die Fläche des Substrates, sondern auch allseitig in den Raum hinein, sodaß sie in auffälliger Art die Oberfläche der eigenen Hüte bedeckten, obgleich jeder von außen kommende Luftzug in den unter Glasglocken befindlichen Kulturen vollständig abgeschlossen war.

Da ich wie Hansen und alle früheren Autoren zunächst daran glaubte, daß die Sporen von den Basidien abgeschleudert werden könnten, suchte ich vergeblich nach einer Erklärung, wie den Sporen von ihren Basidien eine solche Richtung erteilt werden kann, daß sie auf den eignen Hut gelangen. Die Beobachtung des Sporenauswerfens sporenreifer, senkrecht gestellter Lamellenteilchen von *Chalymotta* unter dem Mikroskop ließ zudem nichts von einem derartigen Abschleudern der Sporen erkennen, sie fielen vielmehr blitzschnell von den Sterigmen senkrecht herunter auf das Objektglas. Über diesen Punkt kamen meine Untersuchungen zunächst nicht hinaus.

Die vorstehend zusammengefaßten bisherigen vereinzeltten Beobachtungen waren nicht im stande, bei den Botanikern die Überzeugung herbeizuführen, daß die Hutpilze ihre Sporen tatsächlich selbsttätig über das Bereich des eignen Hutes hinaus auf weitere Strecken verbreiten können. (Abgesehen von den lamellenspaltenden *Coprinus*formen, bei denen die Sporen etwa wie aus Asken rings um ihren Hut auf kurze Entfernungen hin abgeworfen werden.) Bei allen übrigen Basidiomyceten ist eine Schleudertätigkeit der Basidie etwa nach Art eines elastischen Bandes tatsächlich nie beobachtet worden, und wenn dies auch gelungen wäre, hätte es unverständlich bleiben müssen, wie die Sporen aus den engen Spalten zwischen den Lamellen nach unten und dann seitlich weitergeschleudert werden können. Die auffälligen Hutpilze bieten sich jedem Naturforscher, sei es auf Exkursionen im Freien, sei es im eigenen Haushalte, zur Beobachtung dar, und er sieht nie, daß die Sporen über den Hut hinaus sich ausbreiten. Wenn er Sporen findet, dann liegen sie stets nur unter dem eignen Hut. So ist es erklärlich, daß man die vereinzeltten Mitteilungen nicht beachtet hat und daß allgemein die Auffassung verbreitet ist, daß die Basidiomyceten ihre Sporen nur unter den eignen Hut herunterfallen lassen. Mit Bezug hierauf meinte Geheimrat Brefeld des öfteren, daß es keinen unpraktischer gebauten Organismus gäbe als einen Hutpilz, der seine Sporen nur dort verbreitet, wo seine Mycelien schon vorhanden sind.

Die entscheidenden Fortschritte machten meine Untersuchungen erst, als ich die Methoden fand, wie sich die Sporenverbreitung im Raume kenntlich machen läßt und ich zufällig beobachtete, daß auch die abgeschnittenen Hüte sämtlicher Basidiomyceten ihre Sporen in derselben Art verbreiten wie die noch auf ihren Substraten befindlichen. Nun konnten Vertreter aller Formentypen unter den Hutpilzen, die im Freien gefunden wurden, zu den Untersuchungen herangezogen und ein umfassendes Bild von ihrer Sporenverbreitung gewonnen werden.

Es zeigte sich bald, daß alle Hutpilze, die wir in der Natur antreffen, ausnahmslos ihre Sporen in einem Umfange und in einer Vollkommenheit verbreiten, wie dies bisher von niemandem geahnt wurde.

Bevor nun die Frage erörtert werden kann, welche Vorrichtungen und Kräfte hierbei wirksam sind, müssen wir erst alle Phänomene der Sporenverbreitung, wie sie unter den verschiedenen Bedingungen in die Erscheinung treten, kennen lernen. Deshalb sollen die Ergebnisse der zu diesem Zwecke angestellten Untersuchungen zuerst beschrieben werden in der Reihenfolge, daß sie uns hintereinander folgende Fragen beantworten:

1. Wie werden die Basidiensporen über die unter den Fruchtkörpern befindlichen Flächen verbreitet?
2. Wie erfolgt die Verbreitung in den umgebenden Raum?
3. Welchen Einfluß haben Licht und Wärme auf die Sporenverbreitung?
4. Hat die Beschaffenheit der Flächen einen Einfluß auf die Verbreitung?
5. Wie erfolgt die Sporenverbreitung in zeitlicher Folge?
6. Ist die Sporenverbreitung abhängig von der räumlichen Lagerung der Basidien?

1. Die Verbreitung der Basidiensporen über die Flächen der Unterlage.

Das Bild 1 auf Tafel VI zeigt meine erste diesbezügliche Beobachtung. In der Zeit vom 23. bis 24. Dezember 1900 verbreiteten die beiden Fruchtkörper von *Chalymotta campanulata* unter einer Glasglocke ihre dunkelbraunen Sporen über die Fläche einer Milchglasplatte, welche sich etwa 2 cm tief unter den Hüten als Deckel auf der Kulturschale befand. Man sieht in der Nähe des Stieles die charakteristischen Sporenverbreitungslinien und die von den eignen Sporen in dicker Schicht bestreuten Hüte. Das zweite Bild derselben Tafel zeigt auf der unteren runden Papierscheibe die Sporenverbreitung desselben Pilzes während seiner ganzen Vegetation, wie sie bei Aufstellung des Kulturgefäßes am Fenster, also bei einseitiger Beleuchtung unter einer entsprechend großen Glasglocke, stattfindet. Die Papierscheiben besitzen in der Mitte kreuzförmige Einschnitte, mit deren Hilfe sie über den Hut gestülpt werden können, sodaß sie am Grunde des Stieles dem Kulturgefäße in wagerechter Lage aufgelegt werden konnten. Die Sporen werden zum größten Teil in der Richtung des einfallenden Lichtes ausgestreut. Wird das Kulturgefäß so aufgestellt, daß das Licht von zwei Seiten her einwirkt, so lassen sich zwei verschiedene Ausbreitungsrichtungen verfolgen. Es entsprechen dann der durch die Aufstellung bedingten stärkeren und längeren Belichtungsrichtung die stärkeren Ausbreitungslinien. In anderen Fällen finden sich Linien, die den Schattenumrissen des Stieles zu entsprechen scheinen, dann auch solche, die durch das schattengebende Fensterkreuz bedingt sein können. Diese und ähnliche

Erscheinungen führten Hansen wie mich (l. c.) zu der Auffassung, daß das Licht auf die Basidien einen richtunggebenden Einfluß ausübe.

Wurden etwas größere Flächen in geeigneten geschlossenen Räumen für die Verbreitung der Sporen dargeboten, dann zeigte sich, daß sie über einen Umkreis von ca. 20 cm in makroskopisch sichtbaren Mengen nicht wesentlich hinausgelangen, wobei ebenfalls bevorzugte, aber schwächere Ausbreitungslinien auftreten.

Wurde nun ein einziger Fruchtkörper in noch größere Räume gestellt, etwa in das Fach eines geräumigen Kulturschranks, dann war der Verbleib des größten Teiles der Sporen zumeist nicht mehr makroskopisch zu verfolgen. Um nun die Verbreitung der Sporen in größeren Räumen verfolgen zu können, mußten größere Pilzformen verwendet werden, die eine entsprechend reichere Sporenbildung besitzen. Es wurden deshalb zunächst die Fruchtkörper von *Hypholoma fasciculare* Huds. angewendet, die fast zu jeder Jahreszeit zu finden sind und ebenfalls dunkle Sporen besitzen. Es zeigte sich, daß es sogar erforderlich ist, viele Hüte zusammenzustellen, um eine genügende Sporenausstreung auf größeren Flächen zu erhalten, wie ja auch diese Pilze in der Natur zumeist zu vielen nebeneinander gebildet in die Erscheinung treten. Da in trockener Zimmerluft die abgeschnittenen Pilze schnell vertrocknen, ist es erforderlich, in den geschlossenen Kulturschrank einige Schalen mit Wasser zu setzen und, wenn dies noch nicht ausreicht, die Pilze mit ihren Stielen in ein Gefäß mit Wasser einzustellen. Ein Bündel von 5—6 *Hypholoma*-Hüten vermag nun in einem allseitig geschlossenen Raume eine Grundfläche von weit über einem Quadratmeter von einem Punkte, sei es von der Mitte oder vom Rande aus, so vollständig zu bestreuen, daß man an jeder Stelle des Papiere Striche mit einem Hölzchen sichtbar machen kann. Auch hier finden sich selbst in vollständig dunklen Räumen unregelmäßig verlaufende Ausbreitungslinien vor, die rings um die Hüte herum am stärksten sind und sich nach den Rändern hin allmählich verlieren.

Für das Studium der Sporenverbreitung verwendete ich ganz besonders die großen Hüte von *Agaricus nebularis* Batsch und *violaceus* Sowerby, die im Herbst 1902 in der Umgebung von Breslau in großen Mengen zu finden waren. Wie nun ein Fruchtkörper von *A. nebularis* in einem allseitig geschlossenen flachen Schranke mit einer Grundfläche von einem Quadratmeter seine weißen Sporen auf einer Unterlage von schwarzem Papier in charakteristischer Weise ausstreut, zeigt die Figur 1 der ersten Tafel. Man hat den Eindruck, daß der Hut seine Sporen ausstreut, etwa wie ein Sämann die Saaten auswirft, und dieser Eindruck führt uns unwillkürlich zu der Auffassung, daß der Pilz in seinen Basidien über eine Kraft verfügen müsse, welche diese Erscheinung herbeiführt. Der dunkle Schrank stand in einem Zimmer, das allseitig gleichen Temperaturen ausgesetzt war. In ähnlicher Art verbreiten die Fruchtkörper aller anderen Agaricineen ihre Sporen unter den gleichen Versuchsbedingungen in dem Schranke. Die Ausbreitung der Sporen um

den Hut herum in radialen Ausbreitungslinien legt den Gedanken nahe, daß diese Linien der Ausdruck für den Verlauf der Lamellen seien, daß also unabhängig von der Beeinflussung durch das Licht vielleicht bestimmte Beziehungen bestehen zwischen dem Verlauf der Lamellen und den Verbreitungslinien der Sporen in den dunkel gehaltenen Räumen. Um hierüber Aufschluß zu erhalten, wurden die Hütte von *Agaricus violaceus* in vier Teile segmentiert, und jedes der dreieckigen Segmente an einem zentralen Holzstäbchen befestigt in je ein flaches dunkles Fach eines geräumigen Schrankens mit einer Grundfläche von je einem Quadratmeter aufgestellt. Die vier Segmente wurden nun in die vier gleich beschaffenen und gleichgelegenen Fächer in vier verschiedenen Richtungen so aufgestellt, daß sie, nebeneinandergestellt, die Form des ursprünglichen Hutes wieder zusammensetzen würden. Dasselbe Bild 1 zeigt uns, daß die Sporen sich um das Segment nach allen Seiten hin so ausbreiten, als ob ein vollständiger Hut aufgestellt wäre. Sehr schön ist hier zu sehen, wie auch die schrägen Flächen des Erlenmeyerschen Kölbchens von den Sporen bestreut sind. Die Versuche beweisen die Unabhängigkeit dieser Verbreitungslinien von dem Verlaufe der Lamellen.

Von allen Basidiomyceten verbreiten die Polyporeen ihre Sporen am gleichmäßigsten. Wurde ein Fruchtkörper von *Polyporus squamosus* Huds. unter den gleichen Bedingungen und in demselben Schrank wie im Falle der Figur 1 aufgestellt, so wurde die Fläche des untergelegten schwarzen Papieres ganz gleichmäßig ohne besondere Ausbreitungslinien von den weißen Sporen bedeckt. Dieser Pilz besitzt so reiche Sporenbildung, daß ein mittelgroßes Exemplar schon nach 5 Stunden die ganze Fläche des Papieres wie mit weißer Farbe gleichmäßig antüncht, sodaß Bilder, wie sie die Figur 2 der ersten Tafel wiedergibt, erhalten werden, wenn man vor der Bestreuung winkelförmig geschnittene Papierstreifen und Papierbuchstaben auf das Papier legt und sie nach der Bestreuung wieder entfernt, um die Kontrastfarbe des unbestreuten Papieres hervortreten zu lassen.

Die beschriebenen Versuche ergeben folgende Resultate:

1. Die Sporen der Hutpilze werden in geschlossenen flachen Räumen, welche gegen die Einwirkung äußerer Luftströmungen gesichert sind, mehr als meterweit, soweit die Versuchsflächen reichten, nach allen Richtungen hin auf die darunter befindliche Fläche verbreitet.

2. Je größer die Pilzfruchtkörper sind, oder je mehr Fruchtkörper zusammen verwendet werden, um so größer ist die Fläche, die von ihnen bestreut werden kann.

3. In einem dunklen, allseitig von gleichmäßigen Temperaturen umgebenen Raum verbreiten von allen Pilzen die Polyporeen ihre Sporen am gleichmäßigsten über die Flächen der Unterlage. Bei den Agaricineen finden sich radial verlaufende Ausbreitungslinien, die aber unabhängig sind von dem Verlauf der Lamellen.

4. Am Lichte finden sich bei allen Pilzen mehr oder weniger deutliche Ausbreitungslinien, die mit der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen korrespondieren.

2. Die Verbreitung der Sporen in den umgebenden Raum.

Die Bilder, welche die Sporen auf der unter dem Fruchtkörper befindlichen Fläche aufzeichnen, sind der projizierte Ausdruck ihrer räumlichen Verbreitung nach den vier Himmelsrichtungen hin in möglichst flachen Räumen. Sie geben aber keine Auskunft, wie ihre allseitige Verbreitung in den umgebenden Raum erfolgt. Um hier einen Einblick zu gewinnen, verfuhr ich so, daß der für die Sporenverbreitung bestimmte Raum auch nach oben hin vergrößert und an möglichst vielen Stellen mit wagerechten Flächen versehen wurde, auf denen die Sporen sich verbreiten können. Es wurde dies in der einfachsten Art dadurch erreicht, daß in längeren Papierstreifen fensterartige Rechtecke möglichst dicht nebeneinander mit dem Messer eingeschnitten wurden, die an einer schmalen Seite mit dem Papier in Verbindung blieben, sodaß ihnen, wenn sie rückwärts eingebogen wurden, eine wagerechte Lage dauernd erteilt werden konnte. Mehrere solcher Papierstreifen wurden nun in gleichmäßiger räumlicher Verteilung den Innenflächen der Gefäße, welche den Sporenverbreitungsraum begrenzten, so angeklebt, daß die ausgeschnittenen Fenster allseitig wagerecht in den Raum hineinragten. Das erste Resultat, welches ich auf diesem Wege gleichfalls an der mistbewohnenden *Chalymotta campanulata* erhielt, zeigt die Figur 2 auf Tafel VI. Es wurde ein Glaszylinder von 32 cm Höhe und 20 cm Durchmesser in der beschriebenen Weise mit Papierstreifen beklebt, sodaß die untersten derselben sich schon in der Höhe der Hutoberfläche befanden. Um sie gleichmäßig zu photographieren, wurden die Papierstreifen aus dem Zylinder herausgelöst und mit den zurückgebogenen Fenstern auf einer ebenen Fläche befestigt. Aus der Photographie ist nur einer von den vier Papierstreifen in dem Bilde ganz wiedergegeben. Nicht bloß die Bodenfläche, auch sämtliche Blättchen, welche in den Raum hineinragten, sehen wir auf der Oberfläche von den Sporen des Pilzes mehr oder weniger gleichmäßig bestreut. Auf den kleinen Flächen der Blättchen können wir hier auch schon bestimmte Ausbreitungslinien wahrnehmen, welche mit denen auf der Unterlage zum Teil korrespondieren.

Es interessiert nun zunächst die Frage, wie weit die Sporen sich allseitig in den umgebenden Raum verbreiten können. Ich wandte deshalb die größten Glaszylinder an, welche mir zur Verfügung standen, 65 cm hoch und 22 cm im Durchmesser. In ihrem Innenraum wurden drei große Papierstreifen mit je 20 Fenstern befestigt und die Zylinder dann über je einen in natürlicher Stellung mit seinem Stiel auf die Unterlage gestellten Pilzfruchtkörper gestülpt. Wo der Zylinder der Unterlage aufgesetzt war, wurde er ringsherum noch mit einem Wattestreifen umkleidet, um äußere

Luftströmungen sicher abzuhalten. Die Pilze, welche ich für diesen Versuch verwendete, verhielten sich nun alle gleich: sie bestreuten jedes Blättchen, welches in den Zylinderraum hineinragte, und zwar stets nur auf der Oberfläche. Die Bestreuung war je nach den Umständen mehr oder weniger regelmäßig. Zur Untersuchung kamen zwei *Hypholoma*-formen, *Hygrophorus pratensis* Fries, *Armillaria mellea* Ouelet, *Agaricus nebularis*, *Agaricus violaceus* etc.

Dann wurden Versuche in noch größeren Dimensionen ausgeführt. Einen großen, im Stadium des Sporenwerfens befindlichen Fruchtkörper von *Polyporus squamosus* brachte ich an einem eisernen Stativ, 20 cm vom Boden entfernt in normaler Lage befestigt, in den größten dicht verschließbaren Schrank, der mir im Institute zur Verfügung stand, und welcher einen Raum von ca. 2 cbm umfaßt. An jeder der vier Wandseiten des Schrankes wurde, von der Decke bis an den Boden reichend, eine ganze Längsreihe der beschriebenen Fensterstreifen angebracht. Außerdem hingen von der Decke des Schrankes — daselbst mit Heftzwecken befestigt — schmale einreihige Fensterstreifen mit abwechselnd vorstehenden Fensterblättchen bis auf die Oberfläche des Hutes herab. Nach zwei Tagen waren sämtliche Blättchen, die wagerecht in den Raum hineinragten, gleichmäßig von dem weißen Sporenpulver des Pilzes in ebenso dicker Schicht wie die Bodenfläche bestreut.

Eine weitere Versuchsanstellung galt der Frage, wie hoch wohl die Sporen emporzusteigen vermögen und ob und wie die Bestreuung der Blättchen mit der Entfernung abnimmt. Die Photographie No. 2 auf Tafel II zeigt die Anordnung des Versuches in seinem unteren Teile. Auf eine Gaslampenglocke, die in eine runde Glasschale gut hineinpaßt, wurde eine gläserne Röhre, 12 $\frac{1}{2}$ cm im Durchmesser und 70 cm lang, aufgesetzt und an einem Stativ befestigt. In die gläserne Röhre wurden zweiseitig Fensterstreifen aus schwarzem Papier eingeklebt, wie dies die Figur zeigt, und die obere Öffnung derselben mit einer Glasplatte bedeckt. Nasses Filtrierpapier diente zur Isolierung und Feuchthaltung des Raumes. Unter die Glocke, von außen nicht sichtbar, wurde ein Fruchtkörper von *A. nebularis* aufgestellt. Nach zwei Tagen waren alle Blättchen gleichmäßig beworfen. Es wurde nun ein zweiter ebenso beschaffener Zylinder auf den ersten aufgesetzt, die Ansatzstelle mit Papier umklebt und für entsprechende Befestigung des Röhrensystems gesorgt. Nach zwei Tagen waren die Blättchen auch dieses Zylinders bis oben hin gleichmäßig beworfen. Nun wurde ein neuer Fruchtkörper von *A. nebularis* am Grunde der Röhre unter der Lampenglocke aufgestellt und eine dritte und vierte Röhre der zweiten aufgesetzt, die bis zur Decke des Zimmers hinaufreichten. Nach vier Tagen waren nun auch die Blättchen dieser Zylinder in gleichmäßig dichter weißer Schicht von den Sporen bedeckt. Bild 3 der Tafel II zeigt eine der Fensterscheiben aus der obersten der vier Röhren auf einer ebenen Fläche befestigt mit den zurückgebogenen gleichmäßig beworfenen Blättchen.

Ein Versuch in noch größeren Dimensionen wurde dann in einem durch zwei Etagen hindurchgehenden Aufzuge angestellt, ebenfalls mit einem großen

Fruchtkörper von *Polyporus squamosus*. Derselbe wurde wie im vorigen Versuche am Boden des Aufzuges aufgestellt. An dem den offenen Aufzug hebenden, mitten durch den Raum verlaufenden Strick wurden in Entfernungen von je 25 cm runde Scheiben aus schwarzer Pappe, etwa von der Größe der Hutoberfläche des Pilzes, wagerecht befestigt. Der dunkle Raum wurde gegen die Einwirkung von äußeren Luftströmungen durch das Dichten aller Fugen möglichst gesichert. Nach beendeter Sporenverbreitung waren sämtliche Blättchen ebenso wie die Papierunterlage, auf der das Stativ stand, in gleichmäßig dünner Schicht von den Sporen bedeckt. Die Bestreuung war entsprechend der Verteilung in dem großen Raume eine so geringe, daß man sie nur bei bestimmter Beleuchtung als einen gleichmäßigen Hauch auf den Blättchen wahrnehmen konnte. Daß es sich in der Tat um eine Bestreuung durch die Sporen handelte, wurde durch mikroskopische Präparate erwiesen.

Noch größere zur Untersuchung geeignete Räume standen mir nicht zur Verfügung. Sie müssen frei von eigenen Luftströmungen, allseitig geschlossen und von gleichen Temperaturen umgeben sein. Es gehören außerdem sehr viele Pilzfruchtkörper dazu, um einen großen Raum so mit den Sporen anzufüllen, daß sie auf den dargebotenen Flächen sichtbar werden. Doch unterliegt es nach den angestellten Versuchen keinem Zweifel mehr, daß geschlossene Räume von beliebiger Größe von entsprechend großen resp. vielen Fruchtkörpern so vollständig von Sporen erfüllt werden, daß jede Fläche im Raum von den Sporen bedeckt wird.

Durch diese Feststellungen ist der Beweis erbracht, daß die Hutzpilze ihre Sporen in ungeahnter Vollkommenheit wie keine anderen sporenbildenden Organismen zu verbreiten vermögen und daß sie hierfür über ganz besondere Hilfsmittel verfügen müssen. Wenn diese Verbreitung bisher der Beobachtung entgangen ist, so liegt es eben daran, daß die Sporen so vollkommen in den Raum verteilt werden, daß ihr Verbleib sich der makroskopischen Wahrnehmung entzieht.

Wir wollen nun für die weiteren Fragestellungen zu den Versuchen in kleineren Räumen zurückkehren, in welchen uns die Sporen ein deutliches Bild von ihrer Verbreitung aufzeichnen können. Es handelt sich zunächst darum, die Ausbreitungsrichtung der Sporen im Raume noch deutlicher als auf den kleinen Blättchen der Fensterscheiben zu veranschaulichen. Es wurden deshalb weitere Versuche so angeordnet, daß in die großen Glaszylinder (63 cm hoch, 22 cm Durchmesser) eine Etage von sechs übereinander befindlichen Pappscheiben hineingebracht wurde. Die Pappscheiben wurden in gleichen Abständen von 8 cm auf zwei oder drei durch Bunsenbrenner gestielte Holzstäbe aufgespießt und in gleicher Höhe auf ihnen befestigt. Bei einem Teil der Versuche füllten die Pappscheiben, die mit je neun Ausschnitten von der Größe eines Quadratcentimeters versehen waren, den Durchmesser des Zylinders bis auf einen Zwischenraum von 1 cm vollständig aus. Die Ausschnitte waren in den verschiedenen Versuchsreihen so angebracht, daß sie entweder alle neun übereinanderlagen wie in der

Abbildung eines solchen Versuches in Figur 3 Tafel II, oder daß sie unregelmäßig miteinander abwechselten. Die Zylinder wurden dann mit je einem Fruchtkörper des *Agaricus nebularis* so beschickt, daß derselbe in der Mitte des Glaszylinders unter der untersten Pappscheibe freistehend aufgestellt wurde, wie das die Abbildung zeigt. Nach zwei Tagen waren dann sämtliche Scheiben gleich der Unterlage von den Pilzsporen beworfen; die unterste und die oberste der Pappscheiben war meist stärker bestreut als die übrigen und die unter den Lamellen befindliche Bodenfläche (Fig. 1 Tafel II). Wenn die Versuche am Fenster bei einseitiger Beleuchtung aufgestellt waren, dann fanden sich die charakteristischen Linien in der Richtung des einfallenden Lichtes auf allen Scheiben ebenso vor, wie wir sie früher schon auf der Unterlage kennen gelernt haben; daneben finden sich auch einzelne Bogenlinien von unregelmäßigem Verlauf. Bei den Versuchen mit durchlöchernten Pappscheiben kann man außerdem verfolgen, wie auch von den Löchern aus die Bestreuung in derselben Richtung erfolgt, was darauf schließen läßt, daß die Sporen sich auch durch die Löcher hindurch verbreitet haben. Die Figur 1 auf Tafel II sagt mehr als viele Worte.

Anstatt des normal ausgebildeten Hutes wurden in weiteren Versuchen unter die unterste Pappscheibe bei derselben Versuchsanordnung Fruchtkörper von *Agaricus nebularis* aufgestellt, aus denen zweiseitig so große Segmente angeschnitten waren, daß der Hut eine X-förmige Gestalt erhielt. Das eine Mal wurden die so behandelten Hüte mit der ausgeschnittenen Fläche — also mit senkrecht zum einfallenden Licht gestellten Lamellen — das andere Mal in der Richtung der beiden stehen gebliebenen Segmente — also mit parallel verlaufenden Lamellen — nach dem Lichte hin aufgestellt. In beiden Fällen waren aber die Linien der bevorzugten Sporenausbreitung auf allen Pappscheiben des Raumes dieselben wie bei den früheren Versuchen, nämlich lediglich die von der Richtung des einfallenden Lichtes beeinflussten.

Auch die Versuche mit der etagenförmigen Abteilung des Raumes wurden dann in vergrößertem Maßstabe ausgeführt:

In einem senkrecht gestellten Aquarium wurden in leiterförmiger Anordnung 7 cm von einander entfernt schwarze 6 cm breite Papierstreifen befestigt und unter den niedrigsten Streifen in der Mitte der Bodenfläche zwei Fruchtkörper von *Hygrophorus pratensis* aufgestellt. Bereits nach 24 Stunden war sowohl die Bodenfläche als auch sämtliche Papierstreifen von den weißen Sporen bestreut und zwar der unterste und der oberste Streifen verhältnismäßig am stärksten. In demselben Aquarium wurde dann die Anordnung der Papierstreifen in jeder erdenklichen Art variiert, immer mit demselben Erfolg. So wurde z. B. in der Mitte der Bodenfläche des in normaler Aufstellung befindlichen Aquariums ein größerer Fruchtkörper von *Agaricus nebularis* aufgestellt und zu beiden Seiten desselben je eine aus sieben schwarzen Pappscheiben angefertigte Etage angebracht, welche den ganzen verfügbaren Raum ausfüllten. Nur da, wo sie in der Mitte an-

einander grenzten, waren halbkreisförmige Ausschnitte in jedes Etagenblatt angebracht, sodaß der Pilz in einem röhrenförmigen mittleren Raume noch bequem aufgestellt werden konnte. Auch bei dieser Anordnung wurden sämtliche Blätter auf ihrer ganzen Fläche im Lichte sowohl als im Dunklen, wenn auch sehr ungleichmäßig, von den Pilzsporen bestreut.

Weitere Versuche führte ich in kleinen viereckigen Glasschränken mit einer Grundfläche von 30×55 cm und einer Höhe von 55 cm aus, die allseitig Glaswände besitzen und deren eine senkrechte Wand schieberartig geöffnet werden kann. An dem Holzrahmen im Innern der Kästen können Papierflächen als Querwände mit Heftzwecken in beliebiger Art befestigt werden. Es wurden für diese Versuche je vier Querwände aus schwarzem Papier in Abständen von 12 cm in dem Kasten befestigt. Dieselben wurden so zugeschnitten, daß sie sich dreiseitig den Wänden des Kästchens dicht anschlossen und nur einseitig einen 6 cm breiten Schlitz für den Durchtritt der Sporen frei ließen. Die Variation bestand zunächst darin, daß dieser Schlitz in vier gleichzeitig benützten und in gleicher Richtung aufgestellten Kästchen an den vier verschiedenen Seiten frei gelassen wurde. Es zeigte sich, daß in jedem Falle der frei gelassene Raum für den Durchgang der Sporen ausreichte, sodaß alle vier Blätter von dem Ausschnitt her, wenn auch entsprechend schwächer als die Bodenfläche in Linien bestreut wurden, gleichgültig, an welcher Seite die Ausschnitte angebracht waren.

Wenn nun aber die Querscheiben so angebracht wurden, daß die Ausschnitte miteinander abwechselten, so war die unterste Pappscheibe wie gewöhnlich, die zweitunterste nur verhältnismäßig wenig und die beiden obersten entweder garnicht oder doch nur in wenigen kaum sichtbaren einzelnen Linien bestreut.

Schließlich seien noch Versuche erwähnt, die mit einem großen (20 cm langen und 10 cm breiten) seitlich gestielten Fruchtkörper von *Agaricus ulmarius* Bull. in dem auf Seite 11 Abs. 1 beschriebenen großen Kulturschrank ausgeführt wurden. Der Fruchtkörper wurde mit dem glatt abgeschnittenen Stiel in einen mit Wasser gefüllten Rundkolben so eingeführt, daß derselbe die Öffnung des Kolbens wie ein Korkstopfen wasserdicht verschloß. Er wurde dann in der natürlichen wagerechten Lage an einem Stativ, 30 cm vom Boden entfernt, so befestigt, daß das Wasser, so lange es im Rundkolben vorhanden war, die abgeschnittene Fläche des Stieles benetzen mußte. Die Wände des Schrankes wurden wie früher mit Papierfenstern beklebt und der Schrank in der Mitte durch eine Querwand aus schwarzem Papier in zwei übereinander befindliche Räume von der Größe je eines Kubikmeters geteilt. Diese Querwand erhielt kreuzförmige Ausschnitte mit einem Lumen von 2 cm für den Durchgang der Sporen. Nach drei Tagen war die Querwand wie auch die oberhalb derselben befindlichen Fensterblättchen bis an die Decke hinauf gleichmäßig mit dem Sporenpulver bestreut, freilich deutlich schwächer als die Bodenfläche und die unterhalb der Querwand befindlichen Fensterblättchen. Es wurde nun eine zweite

Querwand 20 cm oberhalb der ersteren angebracht mit quadratischen Ausschnitten, welche durch die zwischen den Kreuzen des unteren Bogens stehen gebliebenen quadratischen Papierfelder bei der Aufsicht verdeckt erschienen. Nach vier Tagen waren nun auch dieser obere Bogen und die oberhalb desselben erneut befestigten Fensterblättchen gleichmäßig bestreut.

Diese gleichmäßige Verbreitung der Sporen über die in beliebiger Anordnung in einem so großen Raume befindlichen Flächen macht fast den Eindruck, als ob das feine Sporenpulver ein Expansionsvermögen besäße, etwa wie die Moleküle eines Gases, die jeden zur Verfügung stehenden Raum gleichmäßig erfüllen. Eine solche Vorstellung führt zu der Fragestellung, ob die Sporen vielleicht elektrisch geladen, und so mit Abstossungskraften versehen, sich gegenseitig verbreiten können. Mit Rücksicht hierauf wurden auch Versuche angestellt, durch wie große Öffnungen die Sporen bei ihrer Verbreitung noch hindurchgelangen können. In einem Glaszylinder von 30 cm Höhe und 20 cm Durchmesser war in der Mitte ein Diafragma eingeklebt mit einem mittleren runden Ausschnitt von 6 cm Durchmesser. Zum Versuch wurde ein Fruchtkörper von *Naucoria amara* verwendet, der gelbe Sporen verstreut, die auf weißem Papier aufgefangen wurden. Dieselben gelangten durch das Diafragma auf die Oberfläche, auch waren oberhalb desselben die an den Glaswänden befestigten Fensterblättchen gelb bestreut.

Wurde das Loch aber wesentlich verkleinert, so gelangten nur verhältnismäßig wenige Sporen in dünnen Streifen durch dasselbe hindurch auf die Oberfläche der Querwände, auch wenn die ganze Querwand siebförmig mit solchen Löchern versehen war. Schließlich habe ich auch einen Versuch so angeordnet, daß ich in einem normal aufgestellten Aquarium eine mittlere Querwand einsetzte, welche den rechteckigen Raum in zwei quadratische Räume (von ca. $\frac{1}{3}$ cbm) teilt. Das Diafragma besitzt in der Mitte einen runden Ausschnitt von 10 cm im Durchmesser. In einem der durch die Teilung entstandenen Räume wurde ein Fruchtkörper von *A. nebularis* in der Mitte aufgestellt und das Aquarium mit Glasscheiben bedeckt. Während nun der mit dem Pilz bestellte Bodenraum des Aquariums mit den weißen Sporen in dicker Schicht bedeckt war, fanden sich in dem angrenzenden Raum nur wenige kaum bemerkbare Verbreitungslinien. Dieselbe Versuchsanordnung mit aufrecht gestelltem Aquarium, sodaß der leere Raum oberhalb des mit dem Pilz bestandenen zu liegen kam, ergab dagegen eine volle Bestreuung der Oberfläche durch das Diafragma hindurch wie in den früher beschriebenen Versuchen. Diese Versuche beweisen schon, daß die Verbreitung der Sporen in geschlossenen Räumen ganz besonders in der Richtung nach oben erfolgt und daß von einem Expansionsvermögen nach Analogie der Gase keine Rede sein kann.

Eine letzte Möglichkeit in der Richtung der Sporenverbreitung im Raume ist diejenige von oben nach unten. Um auch dies zu prüfen, wurde ein rund geschnittener Fruchtkörper von *Polyporus squamosus*, wie es die Figur 4 auf Tafel II zeigt, an einem Stabe zentral befestigt und unterhalb desselben eine Etage aus runden Papierscheiben angebracht. Eine Pappscheibe befand

sich auch oberhalb des Pilzes an der Spitze des Stabes. Dieser Versuch, in einem entsprechenden Glaszylinder ausgeführt, ergab nach mehreren Tagen bei schwacher, einseitiger Beleuchtung das Bestreuungsbild 4 der Tafel II. Sämtliche Blättchen sind ebenso wie die Unterlagen und die schrägen Flächen des gläsernen Fußes von den Sporen bedeckt. Wir sehen hier besonders deutlich, daß auch auf der direkt unter dem Pilze befindlichen Pappscheibe die Bestreuung sich in ganz ähnlichen Linien vollzogen hat wie auf den übrigen Scheiben, daß also keine einzige Spore wirklich senkrecht unter den Hut gefallen ist. Auch ist es hier auffällig, daß die Linien unabhängig vom einfallenden Licht verlaufen. Wurden aber kleinere Agaricinenfruchtkörper wie *Tricholoma equestre* in der Mitte höherer Glaszylinder in derselben Art, nach oben und unten mit Papieretagen versehen, aufgestellt, dann waren außer der direkt unter dem Hut befindlichen Scheibe nur die oben befindlichen Blättchen in Licht-Linien von den Sporen bestreut.

Die Versuche dieses Abschnittes haben also folgende Resultate ergeben:

1. Die Hutpilze verbreiten ihre Sporen allseitig in den Raum hinein, und zwar vermögen die größten Exemplare selbst Lufträume von der Größe eines kleinen Zimmers (die möglichst frei von eignen Luftströmungen sind) so vollständig und gleichmäßig mit ihren Sporen zu erfüllen, daß alle im Raume vorhandenen Flächen gleichmäßig von ihnen bedeckt werden.

2. Insbesondere vermögen die Sporen in der Richtung von unten nach oben sehr weit emporzusteigen, sodaß dies in geschlossenen Räumen die bevorzugte Ausbreitungsrichtung der Pilzsporen ist.

3. Diese Verbreitung im Raume findet noch ungehindert statt, wenn auch zahlreiche Flächen den Verbreitungsraum ausfüllen und nur geringe spaltenförmige Öffnungen an beliebigen Stellen für den Durchtritt der Sporen freibleiben. Dies ist aber bloß der Fall, wenn sich die Flächen mehr oder weniger senkrecht der von unten nach oben verlaufenden Ausbreitungsrichtung entgegenstellen. Sind die Öffnungen für den Durchtritt der Sporen sehr klein, dann können nur noch wenige Sporen hindurchgelangen.

4. Bei einseitiger Beleuchtung verbreiten sich die Sporen auf allen Flächen des Raumes ebenso wie auf der Unterlage in entsprechenden besonderen Linien, welche dagegen unabhängig sind vom Verlaufe der Lamellen. Große Fruchtkörper (besonders von Polyporeen) verbreiten in nicht zu großen Räumen ihre Sporen fast unabhängig vom Lichte gleichmäßig über alle Flächen, manchmal aber auch in eigenen Ausbreitungslinien (Fig. 4 Tafel II).

3. Über die Einflüsse, die Licht und Wärme auf die Sporenverbreitung ausüben.

Wir haben bereits die Sporenverbreitungslinien kennen gelernt, die bei einseitiger Beleuchtung auf allen Flächen im Raume entstehen. Es war hiernach zu erwarten, daß in dunklen Räumen die Ausbreitung der Sporen

eine gleichmäßigere sein würde. Um dies zu untersuchen, wurden Versuche im photographischen Dunkelzimmer des Instituts ausgeführt. In den geschlossenen flachen Schubladen eines Schrankes wurden Fruchtkörper von *Agaricus nebularis* auf schwarzem Papier mit normalem Stiele aufgestellt. Nach drei Tagen fanden sich auf dem Papier Verbreitungslinien von einer Intensität, wie sie bisher im Licht noch niemals beobachtet wurden. — Bild 3 der Tafel I. — So oft ich den Versuch wiederholte und welche Schubladen ich auch auswählte, immer fanden sich die von rechts nach links verlaufenden auffälligen Sporenzeichnungen. Ich will hier aber gleich vorgehend bemerken, daß rechts vom Schrank, unmittelbar angrenzend, die Wand eines geheizten Zimmers sich befindet und daß das Zimmer nach der anderen Seite an kalte Räume grenzt. Es ist nun deutlich zu sehen, wie die zunächst allseitig sich ausbreitenden Sporen in der Richtung nach dem kalten Raume umbiegen und in scharf begrenzten Linien dorthin verlaufen.

Weitere Versuche wurden nun auch in den großen Glaszylindern ähnlich den in Figur 1 Tafel II abgebildeten Versuchen ausgeführt. Es wurden runde Scheiben aus schwarzem Kartonpapier etagenförmig an einem mittleren Stabe befestigt, darunter ein Fruchtkörper von *Agaricus violaceus* aufgestellt und beides von einem Glaszylinder überdeckt. Die Photographie 5 auf Tafel II zeigt das Resultat dieses Versuches nach 4 Tagen an den auseinander genommenen und auf einer ebenen Fläche befestigten Kartonpapierscheiben. Das größte Blatt ist die Unterlage, auf welcher der Fruchtkörper aufgestellt war, die übrigen folgen der Reihe nach, wie sie von unten nach oben angeordnet waren. Das oberste Blättchen ist verhältnismäßig am meisten bestreut; auf den übrigen Scheiben ist die Bestreuung in viel schärfer begrenzten und unregelmäßigeren Linien erfolgt als in den Arbeitsräumen des Instituts am Licht. Es sind also auch im dunklen Raume Einwirkungen vorhanden resp. möglich, die noch erheblich wirksamer sind, als die einseitig einfallenden Lichtstrahlen.

Es soll nun zunächst untersucht werden, ob es in der Tat die einseitige Wirkung des Lichtes ist, welche die beschriebenen Erscheinungen hervorruft. Zu diesem Zwecke wurden Versuche mit einem Fruchtkörper von *Agaricus violaceus* bei einseitiger Lichtwirkung unter einem Glaszylinder ausgeführt, der andauernd auf dem Klinostaten gedreht wurde (1 Dreh. in 2—4 Sek.), um die einseitige Einwirkung der Lichtstrahlen auszugleichen. Die Sporenbilder des Fruchtkörpers auf dem ruhenden Klinostaten gleichen den Bildern der Figur 1 auf Tafel III. Wurde nun die Papierunterlage erneut und der Klinostat in Bewegung gesetzt, so hatten nach einer oder nach mehreren Stunden die Bilder das Aussehen der Figuren 2 auf Tafel III, sie waren also ganz gleichmäßig bestreut und frei von Ausbreitungslinien. Wurde nun eine höhere Glocke verwendet und die Versuche in kleinerem Maßstabe so angeordnet wie in den Figuren 4 und 5 auf Tafel II, so zeigten nicht nur die Unterlage, sondern auch alle übrigen Blättchen des Raumes eine ganz gleichmäßige Bestreuung. Bei Ausschaltung des einseitig wirkenden Lichtes

ist also die Ausbreitung der Sporen im ganzen Raume eine sehr gleichmäßige und von bevorzugten Ausbreitungsrichtungen freie.

Die gleichen Resultate bei Verwendung des Klinostaten erhielt ich nun aber auch in demselben Dunkelzimmer, in welchem die Ausbreitung der Sporen noch unregelmäßiger erfolgte als im Lichte. Nach der bereits beschriebenen Lage dieses Zimmers nahm ich an, daß es die einseitige Wirkung der Wärme ist (Temperaturgefälle), welche in ähnlicher Art wie die Lichtstrahlen die Verbreitungsrichtung der Sporen im Raume beeinflußt hat. Wird der Raum gedreht, dann wird auch ihre einseitige Wirkung aufgehoben, die Ausbreitung ist dann wieder eine gleichmäßige.

Eine weitere Prüfung erstreckte sich auf die Frage, ob die verschiedenen Lichtformen dieselbe Einwirkung besitzen, wie das zusammengesetzte weiße Licht. In dem Lichtkasten mit einseitig monochromatischem Licht wurden ungefähr gleich große Fruchtkörper des *A. nebularis* vier Tage lang der einseitigen Bestrahlung durch rotes, gelbes, violettes und farbloses Licht ausgesetzt. Es zeigte sich, daß im weißen, roten und gelben Licht die Blättchen in gleicher Art mit Linien in der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen bestreut wurden. In violettem Licht waren die Linien weniger deutlich, doch sind die Resultate nicht eindeutig genug, um hieraus weitere Schlüsse abzuleiten.

Die Versuche dieses Abschnittes ergeben, daß es das Licht und die Wärme ist, welche auf den Flächen des Raumes die charakteristischen im Sinne ihrer Einwirkungsrichtung verlaufenden Ausbreitungslinien der Basidiensporen veranlassen.

4. Über den Einfluß der Beschaffenheit der Flächen.

I. Der Einfluß der Lage der Flächen im Raume. Die bisherigen Versuche haben uns gezeigt, daß nur die Oberflächen der Körper von den Sporen der Basidiomyceten bestreut werden. Die Flächen können wagerecht oder auch geneigt sein; wenn sie aber der senkrechten Stellung sehr nahe kommen, dann ist ihre Bestreuung nur sehr gering, und in der senkrechten Stellung werden sie, sofern sie keine Unebenheiten darbieten, überhaupt nicht mehr bestreut. Die Flächen bilateral symmetrisch gebauter flacher Körper werden also in fast jeder freischwebenden Lage im Raume etwa immer zur Hälfte von den Sporen bestreut und zwar stets auf den nach oben gerichteten Seiten. Nebenläufig sei hier schon angeführt, daß die große parallele Reihe der Ascomyceten umgekehrt nur die Unterseite der Körper bewirft, sodaß sich die beiden höchsten Pilzklassen hierin ergänzen.

II. Der Einfluß der physikalischen Beschaffenheit der Oberfläche. Für diese Versuche wurden drei Papiersorten verwendet: Dünnes schwarzes Glanzpapier, dünnes schwarzes Papier mit rauher Oberfläche und ein 3 mm dickes schwarzes Kartonpapier mit glatter aber matter Oberfläche. Es wurden aus diesen Papiersorten Blättchen in quadratischer Form (7×7 cm)

geschnitten, auf 40 cm lange Holzstäbe gespießt und etagenförmig 3 cm von einander entfernt angeordnet. Die drei Etagen mit den verschiedenen Papiersorten wurden in gleichen Abständen unter eine entsprechend große Glasglocke gestellt und in der Mitte zwischen ihnen ein Fruchtkörper von *Agaricus nebularis* aufgestellt. Das Resultat war, daß alle Blättchen ziemlich gleichmäßig von den Sporen bestreut waren, daß also weder die Beschaffenheit der Oberfläche noch die Dicke der Flächen einen merklichen Einfluß ausgeübt hat.

Weitere Versuche, in derselben Art angestellt, galten der Prüfung des Einflusses, den der Feuchtigkeitsgehalt der Papierblättchen ausübt, doch konnte hier ebensowenig ein positives Resultat erzielt werden.

Da die Farbe der Sporen ein konstantes Merkmal für die Unterscheidung der verschiedenen Hutpilze bildet, scheint es mir unzweifelhaft, daß sie ebenfalls einen ganz bestimmten biologischen Wert besitzt. Es war mir noch nicht möglich, die Agaricinien mit den verschiedenen Sporenfarben einer vergleichenden Untersuchung zu unterziehen, doch habe ich bereits geprüft, ob die Farbe der Oberfläche einen Einfluß hat auf die Bestreuung der Fläche durch die weißen Sporen des *Agaricus nebularis* und *violaceus*. Die Versuche ordnete ich unter einer Glocke auf dem Klinostaten folgendermaßen an. An vier Holzstäbchen wurden viereckige Scheiben aus weißem, schwarzem, rotem und grünem Glanzpapier (auf entsprechend großen Pappscheiben) in gleichen Abständen befestigt und die vier Etagen in gleichen Zwischenräumen so aufgestellt, daß sie den Raum einer ebenso hohen wie breiten Glasglocke bis auf die zur Verbreitung nötigen Zwischenräume ausfüllten. In die Mitte zwischen die vier Etagen von verschiedener Farbe wurde ein kleiner Fruchtkörper von *A. nebularis* aufgestellt. Auch der Boden war entsprechend den vier verschiedenen Farben der Etagen mit vier gleich großen Quadraten des gleichfarbigen Papiers belegt. Der Klinostat, auf den die Glocke gestellt wurde, war jedesmal drei Tage in Tätigkeit, doch war kein Einfluß der verwendeten Farben auf die Bestreuung der Flächen zu konstatieren. Eine zweite Versuchsanordnung war die folgende: Es wurde ein viereckiger Glaskasten, wie er auf Seite 14 Abs. 1 beschrieben ist, in dem Dunkelmzimmer des Instituts so aufgestellt, daß die schwachgestellte leuchtende Flamme eines Schwalbenschwanzgasbrenners ihre Licht- und Wärmestrahlen einseitig in schräger Richtung in den Glaskasten schickte und sowohl den Boden als auch eine in der Mitte aufgehängte Querwand gleichmäßig auf der ganzen Fläche bestrahlte. Die Bodenfläche wie die Querwand waren parallel zum einfallenden Licht mit verschiedenfarbigen gleichbreiten Papierstreifen belegt. (Rotes, gelbes, grünes, blaues, weißes, graues, schwarzes und Staniolpapier.) Die Querwand reichte an der dem Lichte zugewendeten Seite bis auf einen Abstand von 5 cm an die Glaswand heran, sodaß die Sporen sich bequem auf ihr verbreiten konnten. Der Versuch blieb acht Tage lang (10.—18. November) bei gleichmäßiger

Farb

ununterbrochener Beleuchtung aufgestellt. Das Resultat war auch hier ein negatives. Die Streifen waren in paralleler Richtung ziemlich gleichmäßig von den Sporen bedeckt, sowohl auf der Unterlage wie auch auf der Querwand. Ein Einfluß der Farbe konnte also bisher nicht konstatiert werden, doch werde ich diese Versuche fortsetzen, sobald mir geeignetes Material zur Verfügung steht.

Es bleibt somit für die Verbreitung der Pilzsporen eine reine Flächenwirkung bestehen, und zwar zeigen alle Versuche: je mehr bestreubare Flächen sich im Raum, der für die Verbreitung der Sporen zur Verfügung steht, darbieten, um so stärker werden sie verteilt, sodaß man den Satz aufstellen kann, daß in einem abgeschlossenen Raum die Verbreitung und Verteilung der Sporen der Basidiomyceten proportional ist der Größe der sich für die Bestreuung in geeigneter Lage anbietenden Oberflächen.

Ich habe mir nun die weitere Frage vorgelegt, inwieweit diese Flächenwirkung bei ungleichmäßiger Verteilung im Raum imstande ist, die Verbreitung der Pilzsporen im Raum zu beeinflussen. Es wurde in einem großen Glaszylinder einseitig eine Etage aus schwarzem Papier, die etwa den dritten Teil des Raumes einnahm, und in der Mitte des Raumes ein Fruchtkörper von *A. nebularis* aufgestellt. Beide Seiten des Zylinders, die flächenleere und die etagentragende, befanden sich in gleicher Richtung zum einfallenden Licht. Nach vier Tagen waren sämtliche Flächen dick bestreut, doch hatten die Sporen sich in dem verfügbaren Raum ganz ungleichmäßig ausgebreitet. Jede einzelne der Etagen war etwa ebenso stark bestreut wie die Unterlage auf der ganzen leeren Seite des Zylinders; es haben sich circa zehnmal so viel Sporen in dem mit Flächen besetzten Teile des Zylinders niedergelassen. Wir werden später die Ursache für diese Erscheinung kennen lernen, und da sie für die Ausbreitung der Sporen in der Natur von großer Bedeutung ist, soll hier noch einer weiteren Versuchsanordnung Erwähnung getan werden, die veranschaulicht, auf wie weite Entfernungen hin diese Flächenwirkung noch zu konstatieren ist. In dem großen 2 m hohen Kulturschrank, der auf Seite 11 Abs. 1 erwähnt ist, wurden auf einem Stativ zwei Fruchtkörper von *A. nebularis* 60 cm hoch mitten im Schranke aufgestellt. Oben von der Decke des Schrankes hing freischwebend eine an vier Holzstäben befestigte, aus sechs quadratischen schwarzen Kartonscheiben bestehende Etage herab. Die unterste Scheibe mit einer Oberfläche von 30×50 cm befand sich einen Meter hoch über den Hüten. Nach sieben Tagen waren alle sechs Scheiben gleichmäßig ungefähr ebenso stark von den Pilzsporen bedeckt, wie die den Boden des Schrankes bedeckenden Papierbogen. Die Sporen verbreiteten sich in dem großen Raume des Schrankes gleichsam nach den bestreubaren Flächen hin und zwar so regelmäßig, daß eine ganz gleichmäßige Bestreuung resultiert. Mit andern Worten: Auf weite Strecken hin vermögen die Sporen der Agaricineen sich selbsttätig bestreubare Körperflächen aufzusuchen und sich gleichmäßig auf ihnen zu verteilen.

Mit Rücksicht auf die eingangs geäußerte Möglichkeit, daß die Sporen vielleicht elektrisch geladen sein könnten, ist auch die Frage geprüft worden, ob die elektrische Leitfähigkeit der Oberfläche von Einfluß ist. Zur Ausführung des Versuches wurden quadratische Blättchen aus Staniol verwendet, die einmal isoliert, das andere Mal mit dem Erdboden verbunden aufgestellt wurden. Die isolierten Blättchen befanden sich auf gleichgroßen Pappscheiben, welche auf einer 40 cm langen Siegellackstange zentral etagenartig befestigt waren. Die verbundenen waren auf entsprechende Drahtscheiben aufgelegt, welche in gleicher Art auf einem blanken Eisenstativ befestigt waren. Das Eisenstativ war durch einen Draht mit einem Hahn der Wasserleitung verbunden. Zwischen beide Stative wurde ein Fruchtkörper von *Pleurotus salignus* aufgestellt. Darüber kam die Glasglocke, welche mit dunklem Papier überzogen war. Nach fünf Tagen waren die Blättchen gleichmäßig dicht bestreut, und es wird hieraus geschlossen, daß die elektrische Leitfähigkeit der Oberfläche auf die Bestreuung durch die Pilzsporen ebenfalls ohne Einfluß ist.

Die Resultate dieses Abschnittes sind die folgenden:

1. Nur die Oberfläche der Körper kann von den Basidiomycetensporen bestreut werden und zwar in allen Neigungen bis in die Nähe der senkrechten Lage.

2. Je mehr solcher Flächen sich in einem geschlossenen Raum für die Bestreuung darbieten, um so größer ist die Verteilung der Sporen und um so geringer die Dichtigkeit der Bestreuung auf der Flächeneinheit.

3. Da sich die Sporen in dieser Art auch auf weiter entfernten Flächen niederlassen, erreichen und bestreuen sie in der Natur auf weite Strecken hin ihre Substrate.

4. Die Qualität und Quantität der flächenbildenden Substanz, ebenso die physikalische Beschaffenheit der Oberfläche, haben keinen bemerkenswerten Einfluß auf die Bestreuung.

5. Die Sporenverbreitung der Hutpilze in zeitlicher Folge.

Es soll nun weiter untersucht werden, ob die Verbreitung der Sporen, wie wir sie vorher kennen gelernt haben, eine während der ganzen Lebensdauer des zur Sporenreife entwickelten Pilzes kontinuierlich und gleichmäßig andauernde, oder eine mehr oder weniger periodisch verlaufende ist. Mir standen für diese Untersuchungen in der vorgerückten Jahreszeit nur noch Fruchtkörper von *Agaricus nebularis* und *Agaricus violaceus* zur Verfügung. Ich habe wohl ausgebildete Fruchtkörper dieses Pilzes unter einer Glocke (15 cm im Durchmesser und 25 cm hoch) auf einer Unterlage von schwarzem Papier bei sehr zerstreutem Licht aufgestellt und die Unterlage alle Stunden am Tage und in der Nacht gewechselt, bis die Pilze zusammenfielen. Die Zeit von einer Stunde genügte für die Bildung so reicher Sporenmengen, daß auf der Unterlage eine deutliche Zeichnung sichtbar wurde. Die

Photographie 1 auf Tafel III zeigt die schönen Sporenbilder, wie sie in stündlicher Folge nach einander erhalten wurden. Die Versuche ergaben, daß die Ausstreuung der Sporen eine kontinuierliche ist und sowohl am Tage als auch in der Nacht während der ganzen Sporenreife ununterbrochen stattfindet. Die Photographien (Verkl. 1 : 10) zeigen auch, daß die Menge der abgeworfenen Sporen in der Zeiteinheit eine ziemlich gleichmäßige ist, daß also die Ausstreuung sehr gleichmäßig und ununterbrochen erfolgt, und daß die Sporen sich in kleinen Räumen schnell auf den Flächen absetzen und sich nicht lange in der Schwebe erhalten¹⁾. Nach den Bildern zu urteilen, ist es somit sehr wahrscheinlich, daß bei gleichmäßiger Temperatur die Intensität des Sporenwerfens, sobald sie mit der völligen Ausbreitung des Hutes ein Maximum erreicht hat, tagelang eine gleiche bleibt, bis sie mit dem Zusammenfallen des Hutes ein ziemlich plötzliches Ende erreicht. Immerhin ist es möglich, daß während dieser Dauer des Sporenwerfens mehrere unbedeutende Perioden intensivster Tätigkeit bestehen und daß sich die verschiedenen Pilze verschieden verhalten, doch läßt sich dies schwer feststellen, weil als genaueres Maß für die Intensität des Sporenwerfens Sporenzählungen in Räumen mit ganz konstanter Temperatur erforderlich sind. Einen zeitweisen Stillstand in der Sporenausstreuung gibt es bei den Hutpilzen im Gegensatz zu den Ascomyceten jedenfalls nicht.

6. Der Einfluß der räumlichen Lagerung der Basidien auf die Ausbreitung der von ihnen gebildeten Sporen.

Bei den bisher beschriebenen Versuchen wurden die gestielten Fruchtkörper der verschiedenen Pilze immer so aufgestellt, wie wir sie in der Natur finden und dadurch die natürliche Lage der Basidien unverändert beibehalten. Es fragt sich nun, wie die Sporenverbreitung bei veränderter Lage der Basidien erfolgt. Es ist hierbei zu unterscheiden zwischen der Abstoßung der Sporen und ihrer weiteren Verbreitung im Raume. Die Fragen, die wir beantworten müssen, sind somit folgende:

1. Können die Basidien ihre Sporen immer nur in einer ganz bestimmten Lage abstoßen und ist hierzu insbesondere ein bestimmter Schwerkraftsreiz erforderlich?

2. Hat die räumliche Stellung der Basidien einen Einfluß auf die weitere Verbreitung der Sporen?

Für diese Versuche eigneten sich am besten die größten Fruchtkörper der Blätterpilze, weil hier die Basidien an den Lamellen in ebenen glatten Flächen in gleicher Lage nebeneinander angeordnet sind, und weil man die

¹⁾ Wurde der Pilz aus der Glocke schnell entfernt und Objektgläser auf die Unterlage gelegt, dann waren nur vereinzelte Sporen, die sich im Verbreitungsraume vielleicht noch in der Schwebe befunden haben, mikroskopisch auf ihnen nachweisbar.

Lamellen lostrennen kann und mit ihrer Hilfe einer großen Zahl gleichgestellter Basidien gleichzeitig jede mögliche Stellung im Raume erteilen kann. Die ersten Versuche wurden mit den in natürlicher Anordnung befindlichen Lamellen, also mit unversehrten *Agaricus*fruchtkörpern selbst ausgeführt.

Die Hutzpilze, die auf der Erde oder auf der Oberfläche anderer fester Körper wachsen, besitzen einen Stiel, dessen Länge bei allen Formen nur geringe Differenzen aufweist. Die Lamellen und mit ihnen die Basidien erhalten durch ihn immer eine bestimmte erhöhte Lage über die darunter befindlichen festen Flächen. (Energie der Lage.) Eine Veränderung der Lage der Basidien ist deshalb in erster Reihe durch Verkürzungen des Stieles möglich. Wenn man den Stiel vollständig entfernt und den betreffenden Hutzpilz direkt auf eine Unterlage von Papier legt, dann erhält man die bekannten Sporenbilder, die einen genauen Abdruck des Verlaufes der Lamellen oder der Röhren abzeichnen. Wenn man einen Röhrenpilz mit weiten Porenöffnungen für diese Bilder — Figur 3 der Tafel III — verwendet, z. B. den *Polyporus squamosus*, dann kann man an dem Sporenabdruck jeder einzelnen Röhre mit der Lupe einen äußeren Wall von aufgetürmten Sporen und einen inneren Hof aus einer dünnen Sporenschicht wahrnehmen: Die Sporen müssen also senkrecht von den Sterigmen heruntergefallen sein. Da nun aber bei einer bestimmten Entfernung von der Unterlage keine einzige Spore mehr senkrecht herunterfällt, — Figur 4 Tafel II — so muß ein Einfluß bestehen, den die Entfernung der Lamellen von der festen Unterlage ausübt. Für die Prüfung dieser Frage wurde ein größerer Fruchtkörper von *Agaricus nebularis* in zehn gleiche Segmente gestellt und dieselben auf der Unterseite grade geschnitten, sodaß die Lamellen eine möglichst ebene Fläche bildeten. Mitten durch das Segment wurde als Stiel eine größere Stecknadel hindurchgeführt, mit deren Hilfe der neu gebildete kleine Pilz auf einer Unterlage befestigt werden konnte. Auf der Stecknadel sind nun die Segmente verschiebbar, und man kann sie vom Boden beliebig weit entfernen. Zu diesem Zwecke wurden Objektgläser von 1 mm Dicke unter die Segmente gelegt, und nachdem die Lamellen bis auf die Oberfläche der Gläser vorsichtig herabgeschoben waren, hervorgezogen. Auf diese Weise wurden die Segmente in Entfernungen von genau 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 etc. mm von der Unterlage in wagerechter Lage befestigt. Die Segmente wurden natürlich mit Glasglocken bedeckt. Es zeigte sich nun, daß bis zu einer Entfernung von 3 mm die Zeichnungen auf dem Papier noch etwa die gleichen sind wie bei direkter Auflage der Lamellen. Auch diese Tatsache beweist, daß die Sporen, nachdem sie von den Basidien abgestoßen sind, eine gewisse Strecke lang senkrecht herunterfallen. Es ist dies auch eigentlich selbst verständlich, weil es sonst undenkbar ist, wie die Sporen aus den engen, langen Röhren oder aus den Spalten zwischen den Lamellen herausgelangen sollten. Würden die Sporen von den Basidien etwa wie durch die Kraft

elastischer Bänder abgeschleudert, dann könnten sie doch nur an die gegenüberliegende Hymeniumschicht geworfen werden. Die Basidien mit ihren zarten Sporenträgern würden sich gegenseitig bombardieren. Ein Abwerfen durch das gleichzeitige Ausplatzen der Basidien findet nur bei den *Coprinus*-arten statt, bei denen sich die Lamellen aber aufspalten und die Basidien im Momente des Aufplatzens frei nach außen stellen, dadurch den angeworfenen Sporen den Weg nach außen frei machend, wie dies von Brefeld beschrieben wurde. Wenn man die Segmente des *Agaricus nebularis* nun aber weiter von der Unterlage entfernt, so beginnt das Bild der Lamellen sich allmählich zu verwischen. Dies zeigen die Bilder der Figur 4 auf Tafel III. Das erste der sechs Bilder zeigt nur am Rande verwischte Stellen, woselbst die Sporen der äußersten freigelegten Lamellenseite aus größerer Entfernung herunterfallen. Bei 4 mm Entfernung ist die ganze Zeichnung undeutlich, bei 5 mm (3. Bild) kann man das Bild der Lamellen nicht mehr erkennen und die Sporen verbreiten sich seitlich über dasselbe hinaus. Bei 6 und 7 mm ist die Ausbreitung eine entsprechend verstärkte, und bei 13 mm (6. Bild) sind die Sporen nicht bloß über die ganze Fläche, soweit die Glocke reichte, sondern auch schon auf der Oberfläche des Segmentes, welches oberhalb mit einer schwarzen Papierscheibe bedeckt war, zu sehen¹⁾. Mit ähnlichem Erfolge wurden auch Versuche mit den ganzen Hüten des *Agaricus polygrammus* Bull. wiederholt, deren Stiel entsprechend verkürzt, resp. durch eine Stecknadel ersetzt wurde. Schließlich wurden auch Versuche mit Segmenten eines Polyporeen-Fruchtkörpers (*P. squamosus*) ausgeführt, deren Resultat die Figur 3 der Tafel III so deutlich wiedergibt, daß ich hierüber nichts weiter auszusagen brauche. Aus allen Versuchen geht hervor, daß die Basidiensporen mindestens einen 1 cm hohen Luftraum unter ihren Hüten vorfinden müssen, wenn alle Sporen aus ihrer senkrechten Fallrichtung mehr oder weniger abgelenkt und weiter verbreitet werden sollen. Für eine vollständige Verbreitung der Sporen, sodaß sie überhaupt nicht mehr unter den eignen Hut fallen, wie dies z. B. die Bilder der Tafeln I, II, III zeigen, ist ein Stiel von mehreren Zentimetern erforderlich, wie ihn ja auch die meisten Pilze natürlich besitzen. Dies erklärt die Notwendigkeit des Stieles bei allen auf horizontalen Flächen wachsenden Hutpilzen.

Es gibt einzelne Hutpilze, welche einen bedeutend längeren Stiel ausbilden können, der sich dann aber zum Teil wurzelartig in die Erde fortsetzt. Die Figur 5 auf Tafel IV zeigt einen solchen Fruchtkörper von *Mycena galericulatus* Scop., welcher, in einem morschen Baumstamme wachsend, einen über 40 cm langen unterirdischen Stiel gebildet hatte. Der oberirdische Stiel

¹⁾ Bei Besichtigung von Sporenbildern in dem Herbarium von Herpell erkennt man sogleich, ob der Pilz dem Papier dicht auflag, oder ob er mehr oder weniger davon entfernt war. So sieht man z. B. bei dem Sporenbilde von *Gomphidius glutinosus*, daß die Lamellen an einem trichterförmigen Hut vom Stielansatze nach oben verlaufen, weil sich mit der Entfernung von der Unterlage das Bild der Lamellen immer mehr verwischt.

besitzt nur die normale Länge von 7 cm, wie sie für die Sporenverbreitung erforderlich ist. Bei diesem Pilze hat der Stiel eine doppelte Funktion, zunächst muß er die Fruchtkörperanlage an die Oberfläche bringen und zu diesem Zwecke ist sein Längenwachstum ein unbeschränktes, dann muß er den ausgebildeten Hut über die Oberfläche emporheben und nun ist sein Wachstum stets ein begrenztes. Die an horizontalen Flächen wachsenden Hutpilze bedürfen keines Stieles, und wir finden ihn hier auch allgemein in reduzierter Ausbildung.

Es handelt sich nun weiter darum, die Sporenverbreitung bei veränderter Stellung der Lamellen im Raum zu studieren und zwar zunächst ohne ihre Anordnung am Hute zu verändern. Zu diesem Zwecke wurden drei regelmäßig gebildete Hüte von *Agaricus nebularis* in verschiedenen Richtungen unter je eine Glasglocke gestellt, in welchen sich außerdem je eine Papieretage befand. Ein Hut wurde in natürlicher Stellung auf 8 cm langem Stiele, ein zweiter in umgekehrter Lage mit nach oben gerichteten Lamellen und ein dritter Pilz, ebenfalls mit Hilfe eines Holzstabes $3\frac{1}{2}$ cm vom Boden entfernt, in vertikaler Richtung aufgestellt. Nur der normal gestellte Hut verbreitete seine Sporen in den Raum. Beim vertikal gestellten waren infolge der nicht ganz regelmäßigen Hutbildung am Boden nur einige kaum sichtbare Verbreitungslinien vorhanden, während der umgekehrt gelagerte keine einzige Spore verbreitet hatte.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden vier Hüte in derselben Art mit Hilfe von Holzstielen so aufgestellt, daß in vier zwischen der senkrechten und wagerechten Lage des Hutes gelegenen, etwa gleichweit von einander entfernten Ebenen die noch möglichen Aufstellungen des Hutes im Raume erschöpft waren. Die Versuche zeigten, daß die in gleichen Zeiträumen erfolgende Sporenverbreitung der gleich beschaffenen Hüte in dem Maße zunimmt, wie die Hüte sich der wagerechten Stellung näherten. Die mikroskopische Untersuchung solcher Fruchtkörper, welche in umgekehrter Lage keine oder in anderen Aufstellungen nur wenige Sporen verbreitet hatten, ergab, daß sich am Grunde zwischen den Lamellen abgefallene Sporen in großen Mengen angehäuften hatten, daß die Sporen also von den Basidien abgefallen, aber an ihrer weiteren Verbreitung verhindert waren, offenbar weil ihnen ein freier Fallraum nicht zur Verfügung stand. Wenn dies zutrifft, dann müßten die Sporen sich in der normalen Art verbreiten können, wenn ihr Austritt auf der entgegengesetzten Seite, dort, wo die Lamellen dem Hute angeheftet sind, ermöglicht wird. Dies läßt sich ausführen, wenn man in noch festen, jüngeren Fruchtkörpern des *Agaricus nebularis* oder *violaceus* die über den Lamellen befindlichen Parenchymschichten abträgt und die Lamellen dann mit einem scharfen Messer vorsichtig aufschneidet, doch so, daß sie mit dem Stiel und mit den Rändern in Zusammenhang bleiben. Wurde ein so präparierter Hut mit der aufgeschnittenen Seite auf eine Unterlage von schwarzem Papier gelegt, so war nach kurzer Zeit schon das entsprechende Lamellenbild ebenso aufgezeichnet, wie bei normaler Auf-

lage des Hutes. Wurde er darauf in umgekehrter Lage auf einem 5 cm hohen Holzstiel zentral befestigt und auf der nach oben gekehrten normalen Lamellenseite mit einer schwarzen Papierscheibe bedeckt, dann verbreitete dieser Hut seine Sporen ebenso in den Raum wie in normaler Aufstellung. Einen solchen Versuch zeigt die Abbildung 8 auf Tafel III, an der wir erkennen, wie besonders die über die Lamellen gebreitete Papierscheibe von den Sporen bestreut wurde.

Für die weiteren Versuche wurden die Lamellen aus ihrem Verbande vollständig getrennt. Hierzu eigneten sich besonders jüngere und feste Exemplare des *Agaricus violaceus*.

1. Zunächst wurden die Lamellen mit einer flachen Hymeniumseite direkt auf schwarzes Papier gelegt oder durch untergelegte Bindfäden von verschiedener Stärke ein wenig erhöht aufgelegt. Die senkrecht abfallenden Sporen zeichneten dann in allen Fällen das Bild der flachen Lamelle auf die Unterlage, eine Sporenverbreitung findet nicht statt.

2. Die flach gelegten Lamellen wurden auf ausgespannte Bindfäden gelegt, die weiter als 1 cm von der Unterlage entfernt sind. Die Sporen der Unterseite verbreiteten sich in den umgebenden Raum. Diese Versuchsanordnung zeigt die Abbildung 7 auf Tafel III, wo die Lamellen von *A. violaceus* ihre Sporen in der beschriebenen Anordnung (2 cm hoch) sowohl auf die Unterlage als auch auf die 4 Blättchen einer darüber befindlichen Etage verbreitet haben.

3. Schließlich wurden die Lamellen in der Längsrichtung freischwebend aufgehängt, indem sie einseitig auf einem Faden aufgezogen und an diesem zwischen zwei Stativen, die gleichzeitig eine Papieretage trugen, befestigt wurden, wie dies Figur 6 auf Tafel III veranschaulicht. Wir sehen, daß auch bei dieser Versuchsanordnung, die den abfallenden Sporen einen freien Fallraum darbietet, eine Verbreitung der Sporen in den Raum stattfindet.

Es blieb nun noch zu untersuchen, ob eine geotropische Reizwirkung überhaupt für das Abwerfen der Basidiosporen eine Rolle spielt. Die Versuche wurden mit Hilfe des Klinostaten ausgeführt.

1. An die horizontal gelegte Achse eines Klinostaten wurde ein Fruchtkörper von *Agaricus nebularis* parallel seiner Oberfläche befestigt. Die Drehung des Hutes geschah in einem entsprechend großen Glaszylinder, der horizontal gelegt, mit schwarzem Papier ausgekleidet und außerdem mit einer Etage aus schwarzem Papier beschickt war. An der offenen Seite wurde der Zylinder mit starkem Papier umbunden und die Achse des Klinostaten durch ein mittleres Loch des Papiers hindurchgeführt. Ein so gestellter Hut verbreitete während mehrtägiger Drehung seine Sporen ungehindert in den umgebenden Raum, natürlich in geringeren Mengen, da sie während eines Teiles der Drehung beim senkrechten Abfallen in den Hut gelangen.

2. An der Achse des Klinostaten wurde bei sonst gleicher Versuchsanordnung ein rundes Holzplättchen von der Größe eines Fruchtkörpers von

A. nebularis einmal kreiselartig in zentraler Durchbohrung, das andere Mal spatelartig längs seiner Fläche befestigt. Die Fläche des Brettchens wurde beiderseitig mit feuchtem Fließpapier belegt, auf welchem einzelne Lamellen des *A. nebularis* flach aufgelegt und dicht nebeneinander mit Zwirn befestigt waren, auch der Zylinder wurde feucht gehalten, um das Eintrocknen der Lamellen zu verhindern. Nach mehrtägiger Versuchsdauer waren die Sporen in dem ganzen Raum ebenso verbreitet, wie in den entsprechenden Kontrollversuchen ohne Drehung, sie waren sowohl auf den Boden des Zylinders, wie auch auf die Etage gelangt, welche seitlich von dem Brettchen aufgestellt war.

Aus den Resultaten der Versuche dieses Abschnittes können wir folgende Sätze ableiten:

1. Die Abstoßung der Sporen von ihren Basidien erfolgt aktiv ¹⁾ in jeder Lage unabhängig von Licht- und Schwerkraftsreizen, sobald dieselben reif geworden sind.
2. Gleich nach dieser Abstoßung unterliegen sie der Einwirkung der Schwerkraft, derzufolge sie eine kurze Strecke senkrecht herunterfallen und so aus dem Röhren- resp. Lamellensystem herausgelangen. In diesem Augenblick aufgefangen, bilden sie in ihrer Anhäufung die bekannten Sporenbilder, und da diese von fast allen Hutpilzen bekannt geworden sind, ist bewiesen, daß die Sätze für alle typischen Formen der Basidiomyceten zutreffen.
3. Erst in einem unter den Hymenophorensystemen befindlichen genügend hohen Luftraum verlassen die fallenden Sporen ihre senkrechte Fallrichtung, um sich seitlich in den umgebenden Raum zu verbreiten.
4. Die Sporenverbreitung erfolgt demnach in allen Fällen, in denen die Lagerung der Basidien im Raum den senkrecht abfallenden Sporen den Eintritt in einen freien Fallraum von bestimmter Höhe ermöglicht.

Wärmebildung als die Ursache der selbsttätigen Sporenverbreitung bei den Basidiomyceten.

Es bleibt uns somit die Frage zu lösen, welche Kräfte es sind, die die in den Luftraum fallenden Sporen verbreiten können. Wir haben bereits gesehen, daß den Sporen von den Basidien keine anderen Kräfte erteilt werden als diejenigen, welche zur Loslösung von dem Sterigma erforderlich waren, oder die höchstens zu einer kurzen Vorwärtsbewegung in der Richtung des Sterigmas ausreichen, und insofern dies der Fall ist,

¹⁾ Ein großer Fruchtkörper von *A. nebularis* unter einer Glocke mit Chloroformdämpfen aufgestellt, läßt keine Sporen mehr abfallen. Dies beweist, daß dieselben nicht infolge ihrer Schwere einfach abfallen, sondern daß sie mit aktiver Kraft abgestoßen werden.

kann es berechtigt sein, von einem Abwerfen resp. Abstoßen der Basidien sporen zu reden. Auch die mikroskopische Beobachtung, soweit sie möglich ist, gestattet keine andere Wahrnehmung als die, daß die Sporen bei der Reife von dem Sterigma plötzlich ruckartig abfallen. Wenn nun keine weiteren Kräfte vorhanden wären, welche nach dem Abstoßen der Sporen zur Wirkung gelangen, dann müßten sie in den zu den Versuchen benützten Räumen, in welchen die äußeren Luftströmungen vollständig abgeschlossen waren, ganz unabhängig von der Fallhöhe bis auf den Boden senkrecht herunterfallen. Zur Erklärung der Sporenverbreitung müssen wir deshalb die Einwirkung neuer Kräfte in Anspruch nehmen, welche erst in dem Augenblick einwirken, in dem die Sporen aus dem Bereich der Hymenophoren in die darunter befindlichen Luftschichten gelangt sind. Die hier in Frage kommenden Kräfte können entweder in den Sporen selbst oder von außen her wirksam sein. In den Sporen selbst können als wirksame Kräfte gedacht werden etwa das Auftreten von leichten Gasen, welche das Emportragen herbeiführen. Solche Gasausscheidungen sind aber noch niemals beobachtet worden, und sie würden die Erscheinungen der Sporenverbreitung auch nicht erklären können. Auch die Annahme elektrischer Ladungen¹⁾ in den Sporen ist bereits erörtert und verneint worden.

Es blieben somit zur Erklärung dieser Erscheinung nur noch äußere Kräfte bestehen, welche in dem Augenblick einwirken, wenn die Sporen in den besprochenen Fallraum hineingelangen. Wer den Versuchen im Verlaufe der vorhergegangenen Besprechungen aufmerksam gefolgt ist, wird durch sein eigenes Urteil dahin gelangt sein, daß alle Erscheinungen noch am besten durch Luftströmungen zu erklären sind, und ich wüßte keine andere Kraft, die noch herangezogen werden könnte. Wenn somit nur die Luftströmungen für die Erklärung der Sporenverbreitung übrig bleiben, dann entstehen zwei weitere Fragen:

1. Ob und wie starke Luftströmungen imstande sind, die Sporen mitzuführen?
2. Wie solche Luftströmungen im Innern der geschlossenen Zylinder entstehen können?

Für die Entscheidung der ersteren Frage stellte ich nun Versuche in folgender Art an: Einen sporenwerfenden Hut von *Agaricus nebularis* brachte ich unter eine Glasglocke, die durch einen seitlichen Tubus mit einer Saugpumpe in Verbindung gebracht wurde. Es zeigte sich nun, daß ein Luftstrom, der so gering ist, daß man ihn an einem engen Rohr mit den Lippen kaum wahrzunehmen vermag, die von dem Hute gebildeten Sporen mitzuführen vermag. Sie gingen durch enge Verbindungsröhren hindurch in ein zweites Gefäß, das an die erste Glocke angeschlossen wurde,

¹⁾ Ein unter den sporenwerfenden Hutpilz gestelltes empfindliches Elektroskop, dessen Platte von den Sporen beworfen wurde, zeigte keine Bewegung der Goldblättchen an.

schlugen sich hier in gleichmäßiger Schicht auf dem Boden nieder und wurden sogar noch in ein drittes und viertes Gefäß in kleineren Mengen mitgeführt, welche in gleicher Weise an das zweite angeschlossen wurden. Die Seite des Zylinders, welche dem Luftstrom entgegengesetzt ist, blieb vollständig frei von den Sporen und sie verteilten sich alle in die Richtung des Luftstromes. Diese Feststellungen genügten zunächst dafür, daß ein geringer Luftstrom imstande ist, die Sporen auf weite Strecken, selbst durch enge Kanäle mitzuführen.

Wir kommen nun zu der anderen Frage, ob solche Luftströmungen in unseren Versuchen vorhanden sind und wie sie entstehen können?

Eine dauernde Luftbewegung kann hier am einfachsten dadurch verursacht werden, daß die Luft an den Stellen der Sporenverbreitung fort-dauernd erwärmt wird und infolgedessen ein stetiges Emporsteigen der erwärmten und Nachströmen der kälteren Luft — also eine fortdauernde Luftbewegung — erzeugt wird. Eine solche Erwärmung an den Stellen der Sporenverbreitung kann aber nur von dem Fruchtkörper selbst herbeigeführt werden, und so kommen wir zu der Frage, ob etwa die großen Fruchtkörper der Basidiomyceten selbst die Wärme bilden, welche zur Verbreitung ihrer Sporen notwendig ist?

Nur in ganz vereinzelten Fällen sind erhebliche Temperaturerhöhungen an ausgewachsenen Pflanzen konstatiert worden, z. B. in den Blütenständen höherer Pflanzen (Araceen), bei denen die erzeugte Wärme offenbar zur Anlockung der Insekten dient, also eine ganz bestimmte biologische Bedeutung besitzt. Dutrochet¹⁾, dem wir eingehende Arbeiten über die Temperaturerhöhungen bei den Pflanzen verdanken, hat nun auch zuerst die Eigenwärme der Pilze festgestellt. D. hat die thermoelektrische Methode benutzt, indem er die Lötstellen von Kupfer- und Eisendraht in Form von Nadeln in den Scheitelpunkt des Stieles der Pilze einsenkte, die eine in den lebenden, die andere in den getöteten Pilz. Bei dem *Boletus aereus* erreichte die Temperaturerhöhung des lebenden Pilzes (über den getöteten Pilz) im Laufe eines Tages 0,45°. Dutrochet sagt hierüber folgendes: „Die vitale Wärme von beinahe einem halben Grade Celsius, die der *Boletus aereus* mir gegeben hat, ist die höchste Eigenwärme, die ich auf vegetabilischem Gebiet angetroffen habe, mit Ausnahme der weit beträchtlicheren Wärme, die der Kolben des *Arum* während seiner Blüte bildet.“ Dutrochet glaubt, daß diese Erwärmung bei dem Pilz in Perioden erfolgt, er hat dies aber nicht feststellen können.

Im Jahre 1903 standen mir für meine diesbezüglichen Prüfungen in der vorgerückten Jahreszeit nur noch wenige Fruchtkörper von *Agaricus nebularis* zur Verfügung, an denen ich aber mit dem Thermometer eine höhere Temperatur nicht nachweisen konnte. Brachte ich die Hüte jedoch mit abgeschnittenem Stiele in normaler Lage übereinandergelegt in einen ent-

¹⁾ Dutrochet 1840. Annales sc. nat. II, 13, S. 84.

sprechend großen, mit einem durchbohrten Deckel versehenen Glaszylinder; den ich allseitig zur Wärmeisolation mit dicken Watteschichten umgab und dann nochmals in ein entsprechend größeres Glasgefäß einsetzte, dann zeigte das eingeführte Thermometer schon nach kurzer Zeit eine Temperaturerhöhung von 3° Celsius an, die lange Zeit konstant blieb. Genauere Versuche habe ich erst in diesem Jahre ausführen können und zwar mit den Fruchtkörpern von *Polyporus squamosus*. Die Röhrenschicht dieses Pilzes läßt sich als zusammenhängende Lamelle mit einem scharfen Messer lostrennen und ist so widerstandsfähig gebaut, daß die Gewebe durch leichte Quetschungen etc., wie sie bei den Versuchen unvermeidlich sind, nicht zerstört werden¹⁾, sodaß man damit operieren kann. Dieser Pilz trat an einer Kastanie im botanischen Garten in mehreren großen Exemplaren auf, als ich gerade einige freie Tage hintereinander für meine Untersuchung verwenden konnte. Die Untersuchungen begannen, als die Fruchtkörper ausgewachsen waren und ihre Sporenverbreitung begonnen hatten; nun wurden täglich Teile desselben Fruchtkörpers, soviel für die Untersuchung gerade erforderlich war, entnommen. Am 25. August wurden mit der abgetrennten und in Stücke zerschnittenen jungen Röhrenschicht die ersten Versuche angesetzt. Sie wurden locker in einen kleinen Glaszylinder ($3\frac{1}{2}$ breit und $6\frac{1}{2}$ cm lang) gefüllt und letzterer mit einem Gummistopfen verschlossen, durch welchen ein Thermometer in das Röhrchen hineinführte. Die luftdicht geschlossene Röhre wurde von einer Watteschicht umgeben und in einen Dewarschen Glaszylinder²⁾ von 6 cm lichter Weite und 15 cm Tiefe eingesenkt. Die Öffnung des Zylinders wurde rings um das Thermometer mit einem dichten Wattestopf verschlossen und das so beschickte Dewarsche Gefäß, abermals von dicken Watteschichten umgeben, in einen entsprechend größeren Glaszylinder eingesetzt. Auch von oben her wurden die Zylinder mit dicken Watteschichten bedeckt. In ganz gleicher Art wurde ein zweiter Versuch mit denselben Pilzstücken angesetzt, die aber vorher in heißem Wasser abgetötet wurden. Die folgende gekürzte Zusammenstellung zeigt den Ausgang des Versuches.

									Außen-Temp.
Am 25. 8. 1904	um 5 Uhr nachm.	Temp. d. leb. Pilz.	22,7 ^o C.,	d. toten Pilz.	22,0 ^o C.,				20,5 ^o C.
	= 5 $\frac{1}{2}$ "	"	"	"	"	22,6 ^o "	"	"	21,8 ^o "
	= 6 "	"	"	"	"	22,2 ^o "	"	"	21,5 ^o "
	= 9 "	"	"	"	"	20,8 ^o "	"	"	20,3 ^o "
	= 10 "	"	"	"	"	20,4 ^o "	"	"	19,9 ^o "
26. 8. um 9 Uhr morg.	"	"	"	"	"	17,3 ^o "	"	"	17,2 ^o "
									17,5 ^o "

¹⁾ Zerstörte Zellen stellen nicht bloß ihre Funktion ein, sie werden bei den Pilzen sogleich von Fäulnisbakterien befallen, die ihrerseits Wärmebildung verursachen und das Resultat unsicher machen. Aus demselben Grunde wurde nach allen Versuchen geprüft, ob die Pilzsubstanz noch unverändert ist.

²⁾ Herr Privatdozent Dr. Cl. Schaefer hat mich zuerst auf diese Gefäße aufmerksam gemacht und mir auch in seiner liebenswürdigen Art die Benutzung eines Thermoelements im physikalischen Institut ermöglicht.

Wir sehen hieraus, daß der lebende Pilz beim Beginn des Versuches 1° wärmer war, als der tote Pilz, daß er aber allmählich dieselbe Temperatur annahm, wie dieser. Beim Öffnen des Glases zeigte sich, daß die lebenden turgeszenten Pilzstücke unter reichlicher Wasserausscheidung abgestorben waren, offenbar infolge des völligen Luftabschlusses durch den Gummistopfen.

Am folgenden Tage wurden die Versuche mit der Röhrenschicht des entsprechend weiter entwickelten Fruchtkörpers wiederholt, doch wurde der Glaszylinder mit dem Pilze nur durch einen festen Wattestopfen verschlossen, der den Gasaustausch noch ermöglicht. Ein erster Versuch wurde wieder mit der Röhrenschicht, ein zweiter mit der zwischen Oberfläche und Röhrenschicht befindlichen Markschicht desselben Fruchtkörpers, ein dritter mit der in Wasser abgetöteten und auf Zimmertemperatur abgekühlten Röhrenschicht angestellt.

Am 26. 8. 1904 zeigte das Thermometer

um 5 Uhr nachm.		in der leb. Mark-		im toten Pilz		in der Zimmerluft
	im leb. Hymen.	23,1° C.	schicht 21,1° C.		20,6° C.	
6 =	=	24,3°	=	21,2°	=	20,6°
7 =	=	25,4°	=	21°	=	20,3°
8 =	=	26,3°	=	20,8°	=	20,1°
9 =	=	27,3°	=	20,6°	=	19,8°
10 =	=	27,8°	=	20,3°	=	19,5°
11 =	=	28°	=	20°	=	19,2°
12 =	=	28,2°	=	19,8°	=	19°
3 = nachts	=	27,9°	=	19,3°	=	18,3°
27. 8.						
7 = früh	=	26,9°	=	19,3°	=	17,8°
9 =	=	26,4°	=	19,4°	=	17,5°
10 =	=	26,2°	=	19,5°	=	17,5°
11 =	=	26°	=	19,9°	=	17,5°
1 = mittags	=	25,8°	=	22,2°	=	18°

Um 5 Uhr	ist die Temp. d. leb. Hymen.	um 2,5°	(stündl. Zunahme	die Temp. der leb. Marksch.	um 0,5°	höher als der tote Pilz.
= 6 =	=	= 3,7°	(1,85°)	=	=	=
= 7 =	=	= 5,1°	(1,25°)	=	= 0,7°	=
= 8 =	=	= 6,2°		=	=	=
= 9 =	=	= 7,5°	(1,05°)	=	= 0,8°	=
= 10 =	=	= 8,3°		=	=	=
= 11 =	=	= 8,8°	(0,45°)	=	= 0,8°	=
= 12 =	=	= 9,2°		=	=	=
= 3 =	=	= 9,6°	(0,125°)	=	= 1,0°	=

Die Versuche zeigen, daß die Temperatur der lebenden Röhrenschicht gleich am Anfange des Versuches um $2,5^{\circ}\text{C}$, die des lebenden Parenchyms um $0,5^{\circ}$ höher ist als die des toten Pilzes und daß sie bei der ausgezeichneten Wärmeisolation fortdauernd zunimmt, bis sie beim Hymenium einen Maximalwert von $9,6^{\circ}$, bei der Markscheit von ca. 1°C . erreicht hat. Aus den Zahlen geht hervor, daß der Pilz fortdauernd Wärme produziert, die in dem Versuche die Temperatur stetig erhöht, bis sie endlich konstant wird. In den ersten zwei Stunden beträgt die durchschnittliche Wärmebildung $1,85^{\circ}\text{C}$., in den folgenden $1,25^{\circ}\text{C}$., darauf $1,05^{\circ}\text{C}$ und schließlich $0,45^{\circ}$ und $0,125^{\circ}$, erst nach zehn Stunden ist das Maximum erreicht. Die weiteren Zahlen sind nicht mehr vergleichbar, weil die Außentemperatur zu stark herunterging. Da der Wärmeverlust am Anfange des Versuches am geringsten ist, so entspricht die Temperaturerhöhung, die am Anfange des Versuches angezeigt wird, der wirklichen Wärmeproduktion des Pilzes am besten.

Die Messung der Temperaturen bei guter Isolation gibt ebensowenig einen genauen Aufschluß über die erhöhte Temperatur, die ein Körper wirklich konstant besitzt, wie bei schlechter Isolation. Während im letzteren Falle die Wärme sofort an die Umgebung abgegeben wird und für die Messung evtl. ganz verloren geht, wird bei sehr guter Isolation die gebildete Wärme zum Teil von der Pilzsubstanz selbst aufgenommen und infolgedessen ihre eigene Temperatur andauernd erhöht. Gälänge eine vollkommene Isolation, so würde eine gleichmäßig fortschreitende Temperaturerhöhung eintreten müssen, die ein genaues Maß für die erzeugte Wärme abgäbe. Die besten Isolationen, die wir kennen, vermögen aber eine Wärmeabgabe nach außen hin nicht zu verhindern, und diese ist um so größer, je höher die Temperatur gegenüber der Umgebung ansteigt. Es wird deshalb in solchen Versuchen eine fortdauernde Abnahme der Temperatursteigerung eintreten, bis schließlich der Augenblick gekommen ist, in dem die Wärmeabgabe der Wärmezunahme gleichkommt und das Thermometer ein konstantes Temperaturmaximum anzeigt.

Die Pilzfruchtkörper bilden die Wärme eben nicht zur Erhöhung ihrer eignen Temperatur, sondern zur Erwärmung der Luftschichten, die sich unter dem Hute befinden. Die Wärmeabgabe an die umgebende Luft ist aus diesem Grunde bei den Pilzen eine so vollkommene, daß es bei den meisten Formen nicht möglich ist, mit dem Thermometer eine Eigenwärme an der freien Luft nachzuweisen. Erst wenn wir die Wärmeabgabe nach außen durch mehr oder weniger gute Isolation verhindern, wird sie für das Thermometer nachweisbar. Die Messungen an der freien Luft, sei es mit Hilfe des Thermometers oder der elektrischen Methode, geben uns daher in keinem Falle einen genauen Aufschluß über die wirkliche Wärmebildung bei den Pilzen. Temperaturmessungen an der freien Luft haben überhaupt nur dann Wert, wenn es sich um Organe handelt, die eine bestimmte höhere Temperatur für ihre Lebensfunktionen besitzen müssen, und die des-

halb selbst Vorrichtungen besitzen, um die Temperatur je nach den Verhältnissen der Außenwelt, sei es durch Isolationsvorrichtungen, sei es durch veränderte Wärmeproduktion (oder Zufuhr), entsprechend regulieren zu können; hier messen wir eine Wärmeeinstellung, in unserem Falle aber handelt es sich um die Frage: Welche Wärmemengen gibt der Pilz in bestimmter Zeit an seine Umgebung ab, resp. wie groß ist die Quantität der in der Zeiteinheit für die Abgabe produzierten Wärme? Wir müssen also quantitative Wärmebestimmungen ausführen. Die diesbezüglichen Versuche wurden ebenfalls mit Hilfe der guten Isolation in einem Dewarschen Gefäß in ähnlicher Versuchsanordnung wie vorher ausgeführt. Zur Wärmemessung benützte ich eine gewogene Menge destillierten Wassers von bestimmter Temperatur. Zur Aufnahme des Wassers diente ein Reagensglas von 50 cem Rauminhalt mit einem Gummistopfen verschlossen, durch welchen ein in $\frac{1}{20}$ Grade geteiltes Thermometer bis etwa zur Mitte der Röhre eingeführt ist. Die Reagensröhre wurde mit der wärmebildenden Röhrenschicht direkt umhüllt, und beide hatten einen Umfang, daß sie in den Innenraum des Dewarschen Zylinders noch bequem eingesenkt werden konnten. Am 27. Oktober 1904 wurden zu gleicher Zeit drei Versuche angesetzt: Der eine mit 50 g der zusammenhängenden Röhrenschicht, der zweite ebenfalls mit 50 g einer zusammenhängenden Lamelle aus der direkt unter dem Hute befindlichen Markschicht, der dritte mit einer 50 g schweren abgetöteten quergeschnittenen Lamelle des Pilzes.

Temperaturzunahme von ca. 50 g Wasser

durch 50 g lebende Röhrenschicht			durch 50 g lebende Markschicht	
Zeit der Ablesung	Temperatur Celsius	Stündliche Temperatur- zunahme	Temperatur Celsius	Stündliche Temperatur- zunahme
Vor Beginn d. Versuchs	6,02	17,5		
	6,07	18,7		
	6,12	19,1		
	6,17	19,3	17,9	Vor Beginn d. Versuchs
	6,27	19,6	19,0	
	6,45	20,2	19,1	1,14
	7,05	20,4	19,1	
	7,30	20,8	19,3	0,32
	8,02	21,3	19,4	
	9,13	22,3	19,5	0,18
	11,25	23,7	20,0	
	12,03	24,2	20,2	0,17
	1,10	24,8	20,3	
	3,14	25,6	20,8	0,24
	7,41	27,0	21,3	0,11
	9,50	27,3	21,6	0,19
	11,02	27,4	21,7	0,06

Das Reagensglas für den Pilzröhrenversuch enthielt 51,195 g destilliertes Wasser, dasjenige für die Markschrift 49,39 g. Der offene Rand zwischen Reagensglas und Dewar'schem Gefäß wurde durch eine dichte Watta-schicht verschlossen. Wurde jetzt das Reagensglas herausgehoben, so blieben die Pilzschichten in Zylinderform in dem Dewarschen Gefäß zurück, so daß das Reagensglas augenblicklich wieder in denselben eingesetzt werden konnte. Es wurde nun kurz vor Beginn des Versuches das Reagensglas an dem oberen Teile des Gummistopfens gefaßt, umgeschüttelt und die Temperatur des Thermometers abgelesen, dann wurde es sofort in die Pilzschichten eingesenkt; vor jeder späteren Ablesung wurde ebenfalls der ganze Versuch mehrmals umgedreht. Während der ganzen Versuchsdauer wurde die Außentemperatur in dem Versuchszimmer konstant gehalten, was bei dieser Jahreszeit mit Hilfe der Beleuchtungskörper leicht gelang, sie betrug dauernd 20° C.

Aus der Tabelle (S. 33) ist ersichtlich, daß die Temperatur des Wassers in den ersten 10—20 Minuten die stärkste Zunahme zeigt, offenbar weil die schon etwas höhere Temperatur der Pilzsubstanz außer der fortdauernden Wärmebildung mitwirkt. Von Stunde zu Stunde verringert sich die Temperaturzunahme, bis sie nach 13 Stunden annähernd konstant bleibt. Das Wasser hat alsdann eine gegen den Beginn des Versuches um 10° C. erhöhte Temperatur. Gegenüber dieser Wärmeerzeugung der Röhrenschicht ist diejenige der Markschrift eine so geringe, daß wir die Hymenophore als die Stätte der Wärmebildung ansprechen müssen¹⁾. Der tote Pilz bewirkte keine Temperaturerhöhung.

Am folgenden Tage wurde der Versuch mit dem entsprechend weiter entwickelten Hymenium desselben noch am Baume sitzenden Pilzes wiederholt, doch wurden nur 35 g der Röhrenschicht verwendet. Als tags darauf die Temperatur des Wassers wieder nach Erreichung einer um 10° höheren Temperatur konstant blieb, wurde auf das Hymenium nach Fortnahme des Watteringes ringsherum Chloroform geträpfelt, um die Lebens-tätigkeit des Pilzes zu unterbrechen; darauf wurde das Gefäß sogleich wieder mit dem Wattestopfen möglichst dicht verschlossen. Nun wurde von Stunde zu Stunde die Temperatur abgelesen, bis das Thermometer auf die Temperatur der Umgebung zurückgegangen war. Die Zahlen des Versuches sind in der folgenden Tabelle (S. 35) verzeichnet.

Zur Prüfung des Isolationsvermögens einer solchen Versuchsanordnung mit Hilfe des Dewarschen Zylinders wurden die in einem Reagensglas enthaltenen 50 ccm Wasser von 27,4°, zu deren Abkühlung auf 21,5° in

¹⁾ Um Temperaturunterschiede in einem Fruchtkörper nachzuweisen, eignet sich am besten die thermoelektrische Methode, indem man die Nadeln an verschiedenen Stellen des Fruchtkörpers einsticht. Man kann auf diesem Wege leicht konstatieren, daß der Stiel besonders an der Basis kälter ist als die Markschrift und diese kälter als die Hymenophore, auch kann man verfolgen, wie der Ausschlag des Galvanometers größer wird, je mehr man sich von der äußersten Markschrift aus den Hymenophoren nähert.

Temperaturzunahme von ca. 50 g Wasser durch 35 g lebendes Hymenium			Temperaturabnahme von 50 g Wasser nach Abtötung desselben Hymeniums		
Zeit der Ablesung	Temperatur Celsius	Stündliche Temperatur- zunahme	Zeit der Ablesung	Temperatur Celsius	Stündliche Temperatur- abnahme
12,6 Mittags	19,2		10 Morg.	30,3	
12,18	19,8	3	11	29	1,3
1	21,2	2	12	27,2	1,8
3	24,5	1,65	1	26,2	1,0
4	25,5	1	3	25,2	0,5
5	26,5	} 0,75	5	24	} 0,45
6	27,0		6	23,5	
8	28,3	0,65	7	23,1	
10 Abds.	29,2	0,45	8	22,7	0,4
10,35	29,45	0,43	12 Abds.	21,5	0,3
2	30,1	0,18	9	20,1	0,15
8	30,3	0,03	10 Morg.	20,05	0,05
9 Vorm.	30,3	0			

unserem Versuche ca. 12 Stunden erforderlich waren (siehe Tabelle), in der Zimmerluft frei schwebend aufgehängt. Nach 25 Minuten war die Temperatur des Wassers in der Röhre auf 23,8°, nach 60 Minuten auf 21,4° gefallen. Der Wärmeverlust an der Luft war hier etwa zwölfmal so groß wie in der Versuchsanordnung im Dewarschen Gefäß unter den angegebenen Versuchsbedingungen.

Wir sehen, daß hier 35 g des um einen Tag älteren Hymeniums etwa dieselbe Temperaturerhöhung angezeigt haben als die 50 g des vorhergehenden Tages. Wenn wir von der etwas stärkeren Temperaturzunahme in den ersten zwölf Minuten absehen, hat der Pilz in der ersten Stunde, in der die Wärmeabgabe nach außen noch am geringsten ist, die Temperatur des Wassers um 2° erhöht, welche Zahl daher der wirklichen Wärmebildung wohl am meisten entspricht. In der zweiten Stunde beträgt die Zunahme nur noch 1,65°, in der vierten Stunde 1° usw., der Pilz hat in der Zeit von 12 Uhr mittags bis 10 Uhr abends, also in zehn Stunden, die Temperatur des Wassers um 10° erhöht. Wenn wir dagegen die Abnahme der entsprechend hohen Temperaturen vergleichen, die in der Zeit von 10 Uhr morgens bis 8 Uhr abends nach Abtötung des Pilzes erfolgt ist, dann sehen wir, daß das Wasser 7,6° C. abgegeben hat. Wir können hieraus schließen, daß bei unserer Versuchsanstellung das Hymenium während dieser Versuchszeit ungefähr ebensoviel Wärme nach außen verloren hat, wie es an das Wasser abgegeben hat¹⁾. Daß die Zahlen nicht genau

¹⁾ Wenn der Apparat 10 Stunden gebraucht, bevor die durch eine konstante Temperaturerhöhung bewirkte Wärmeabgabe so groß war, wie die empfangene Wärmemenge, dann muß er dieselbe Zeit gebrauchen, um die empfangene Wärme wieder abzugeben.

übereinstimmen, ist nicht zu verwundern, weil ja in dem lebenden Versuche das direkt an das Dewarsche Gefäß angrenzende Hymenium mehr Wärme nach außen abgab, als das im Reagensglas eingeschlossene Wasser beim Abkühlungsversuch, und weil die Abtötung durch das Chloroform nicht momentan und gleichmäßig erfolgt.

Wenn ich hiernach die ersten zehn Stunden des Versuches in der Zeit von 12 Uhr mittags bis 10 Uhr abends der folgenden Berechnung zugrunde lege, in welcher die Temperaturzunahme den verhältnismäßig höchsten Wert von 10° C. erreichte, so geschieht dies, weil ich überzeugt bin, daß in der freien Natur, wo der Zutritt des Sauerstoffs ungehindert stattfinden kann und kein Teil des Hymeniums durch die künstlichen Eingriffe leidet, die Wärmebildung eine noch erheblich höhere sein wird. Da der rückläufige Versuch anzeigt, daß in dieser Zeit etwa ebensoviel Wärme nach außen abgegeben wurde, so resultiert in 10 Stunden eine doppelt so große Wärmemenge, als sie das Thermometer anzeigt, d. i. eine Erwärmung von 49,39 g Wasser um 20° C. Die 35 g Pilzsubstanz wurden aber auch auf etwa dieselbe Temperatur erhöht wie das Wasser. Um diese Wärmemenge annähernd bestimmen zu können, habe ich den Wassergehalt der Röhrensubstanz desselben Pilzes bestimmt. Zu diesem Zwecke wurden 120 g derselben in kleine Stücke geschnitten, bei intensiver Sonnenbeleuchtung und hinterher im Wassertrockenschrank (6 Stunden lang) getrocknet. Die lufttrockne Substanz wog alsdann 15,2 g. In 35 g Röhrensubstanz sind hiernach 30,5 g Wasser enthalten, die ebenfalls um 10° erhöht wurden, wozu bei derselben Versuchsanordnung ebenfalls etwa die doppelte Wärmemenge erforderlich war. Die erzeugte Wärme läßt sich hiernach annähernd aus folgenden Ausdrücken berechnen:

35 g Röhrensubstanz erhöhen	{	49,39 g Wasser um 20° C in 10 Stunden
die Temperatur von		30,50 " " " " 20° " " 10 "

35 " " "	"	79,89 " " " "	"	20° " " 10 "	"
----------	---	---------------	---	-----------------------	---

35 g Röhrensubstanz liefern in 1 Stunde	$\frac{79,89 \cdot 20}{10}$	= 159,78 Cal.
---	-----------------------------	---------------

1 g Röhrensubstanz liefert in 1 Stunde 4,565 Cal.

1 g lebende Röhrensubst. des *Polyp. squamos.* enthält 0,1266 g Trockensubst.

1 g Röhrentrockensubstanz des *Polyp. squamos.* liefert in 1 Stunde 36 Cal.

Ein weiterer Versuch wurde am 31. August 1904, also 5 Tage nach Beginn der Sporenverbreitung des *Polyporus* mit dem letzten Teile des Fruchtkörpers angestellt. Es wurden diesmal nur 15 g der Röhrenschicht verwendet. Kurz vor Beginn des Versuches hatte das Wasser (49,39 g) eine Temperatur von 20° C. Nach 15 Minuten war sie auf $21,3^{\circ}$ gestiegen, blieb während der nächsten Stunde konstant, stieg in den folgenden vier Stunden auf $22,3^{\circ}$, nach weiteren drei Stunden auf $23,3^{\circ}$, um schließlich nach zwei Stunden mit $23,9^{\circ}$ das Maximum zu erreichen. Es entspricht diese von 15 g Pilzsubstanz gelieferte Wärmemenge, die 49,39 g Wasser in zehn Stunden um $3,9^{\circ}$ C. erhöht, ganz gut dem im vorigen Versuche

bei Verwendung von 35 g Pilzsubstanz in ebenso langer Zeit erzielten Resultat von 10° (berechnet $9,1^{\circ}$).

Auch in dem Versuch vom 26. August auf Seite 31 hat die Temperatur des Hymeniums nach 10 Stunden (um 3 Uhr Nachmittag) den höchsten Wert von 10° C. Steigerung über die Temperatur der Umgebung erlangt. Dieselbe Temperatursteigerung wurde auch erreicht, als ich den Versuch am 29. August 1904 mit der entsprechend älteren Röhrenschicht in etwas anderer Art wiederholte. Das Dewarsche Gefäß wurde direkt mit der in Würfel geschnittenen Röhrenschicht angefüllt (105 g), mit einem dichten Wattestopfen verschlossen und das ganze Gefäß wie früher in Watte eingepackt. Das in die Röhrenschicht eingesenkte Thermometer zeigte kurz vor Beginn des Versuches um 1 Uhr 10 Minuten $20,2^{\circ}$, um 1 Uhr 15 Minuten $23,25^{\circ}$, um 3 Uhr $26,8^{\circ}$ um 4 Uhr $27,6^{\circ}$, um 5 Uhr $28,4^{\circ}$, um 6 Uhr $28,6^{\circ}$, um 8 Uhr $29,5^{\circ}$, um 10 Uhr 20 Minuten 30° , um 2 Uhr nachts $30,2^{\circ}$, um 8 Uhr früh $30,3^{\circ}$. Auch hier sehen wir, daß nach zehn Stunden eine maximale Temperaturerhöhung von 10° eingetreten ist. Hier wird die Substanz des Fruchtkörpers selbst andauernd erwärmt, bis die Wärmezufuhr ebenso groß ist wie die Wärmeabgabe nach außen. Die letztere ist auch in den Dewarschen Gefäßen bei größeren Temperaturdifferenzen offenbar eine so erhebliche, daß bei gleichmäßiger Intensität der Wärmezufuhr das Maximum in einer bestimmten Zeit erreicht wird, wenn auch die Quantität der wärmespeichernden Substanz von einer gewissen Grenze an erheblich variiert.

Da die Röhrenschicht desselben Pilzes während der fünftägigen Zeit des Sporenwerfens in zeitlicher Folge stets annähernd die gleichen Temperaturerhöhungen ergab, ist weiter zu schließen, daß in der ganzen Zeit der Sporenverbreitung Tag und Nacht eine andauernde Wärmebildung in ziemlich gleicher Intensität erfolgt. Ein halber Fruchtkörper von *Polyporus squamosus*, der seit 24 Stunden seine Sporen verbreitete, an der Stelle, wo die Röhrenschicht beginnt, senkrecht abgeschnitten, wog 525 g. Die sorgfältig abgetragene Röhrenschicht hatte ein Gewicht von 120 g, das übrige Gewebe des Hutes betrug 395 g.

1 g dieser Röhrenschicht lieferte in 1 Stunde 4,565 Cal.

120	"	"	"	"	"	120	"	65,736	"
-----	---	---	---	---	---	-----	---	--------	---

Die Röhrenschicht des ganzen Hutes bildet somit, wenn man annimmt, daß die wärmebildenden Substanzen von den übrigen Geweben zugeführt werden, während der etwa fünftägigen Zeit der Sporenverbreitung 131472 Cal.¹⁾

Die Gewebe der Mark- und Röhrenschichten des Fruchtkörpers von *Polyporus squamosus* sind von zäher dauerhafter Beschaffenheit, deshalb werden sie auch trotz ihrer Größe nicht gegessen, selbst nicht einmal von Maden bewohnt. Die frischen Fruchtkörper enthielten in der Röhrenschicht 12,66, in der übrigen Huts substanz 12,93% lufttrockene Trockensubstanz.

¹⁾ Der im Freien durch Verdunstung eintretende Wärmeverlust ist hier nicht berücksichtigt; wahrscheinlich wird er je nach der Trockenheit besonders kompensiert; dies erklärt es auch, daß die Pilze sich nur in feuchter Luft entwickeln.

Ein ganzer Hut enthielt 30,4 g Röhrentrockensubstanz und 102,2 g übrige Hutsbstanz¹⁾.

Die Trockensubstanz der Röhren enthielt 55% in kaltem Wasser lösliche Extraktivstoffe, diejenige der übrigen Hutsbstanz 34,7%.

In einem Hut sind somit 16,5 g + 35,5 g, insgesamt etwa 52 g wasserlösliche Substanz enthalten. In dieser sind enthalten ca. 26% Protein und 14% Salze, sodaß 60% auf lösliche Kohlehydrate, wohl zumeist Glycogen ($6\text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$), entfallen²⁾. Wenn wir diese Substanzmenge von 31,2 g Glycogen für die Wärmebildung einsetzen, mit einer Verbrennungswärme von 4190,6 Cal. per 1 g (nach Stohmann), dann ergäbe das für den Pilz einen Energievorrat für 130747 Cal.

Hieraus geht hervor, daß dieser Pilz gewiß nicht mehr Nährstoffe enthält, als er für die Sporen- und Wärmebildung verbraucht. Die Bildung und der Verbrauch der Nährstoffe ist auch hier ein ebenso ökonomischer wie bei allen übrigen Lebewesen.

Es bleibt nun noch die Frage bestehen, ob auch die bedeutend stärkere Ausbildung nährstoffreicher Gewebe, wie wir sie zwischen der Oberhaut und dem Hymenium bei den als „Schwämme“ bezeichneten eßbaren Pilzfruchtkörpern antreffen, für die Wärmebildung in Anspruch zu nehmen ist. Die Temperaturen, die ich bei diesen Pilzen gemessen habe, waren nicht höher als beim *Polyporus squamosus*. Ich machte aber die Beobachtung, daß ein Fruchtkörper von *Boletus edulis*, der voll von Maden war und seine Sporen in einem geschlossenen Zylinder so gleichmäßig verbreitete, daß die Papierscheiben der Etagen wie von einer braunen Farbe mit dem Pinsel angetüncht erschienen, soviel Wärme bildete, daß die Innenwände des Zylinders sich dicht mit Wassertropfen beschlugen. Es lag daher der Gedanke nahe, daß die Entwicklung der Madenleiber, die sich während der Sporenreife mit bekannter Schnelligkeit vollzieht, an dieser großen Wärmebildung beteiligt ist, und es war geboten, den Einfluß der Lebenstätigkeit dieser Tiere auf die Wärmebildung während der Sporenreife zu prüfen. Hierfür wurden zunächst die zurzeit auf den Markt gebrachten Fruchtkörper von *Tricholoma graveolens* Pers. verwendet; dieselben wurden aufgeschnitten und die madenfreien von den madigen getrennt. Sie wurden dann in je einen Glaszylinder gepackt, mit einem dichten Wattestopfen ver-

1) Nach einer Analyse, die mein Freund Dr. Carl Bloch ausgeführt hat, enthält die lufttrockne Substanz dieses Fruchtkörpers:

	Wasser	Rohfaser	Protein	Asche	stickstofffreie Extraktivstoffe
a) der Röhren:	5%	18,02%	29,12%	7,59%	40,27%
b) der übrigen Hutsbstanz:	4,8%	25,26%	8,98%	4,51%	56,45%

Die wäßrigen Extrakte der Hutsbstanz enthalten im Durchschnitt: ca. 14% Asche u. ca. 26% Protein.

2) Clautrian (Etudes chimiques du glycogène chez les champignons et les levures) A. Kochs Jahresber. Ref., Bd. VI., 1895, p. 51, fand 20% Glycogen im Trockengewicht der Steinpilze, 14% im Trockengewicht von *Amanita*.

geschlossen, und allseitig mit dicken Watteschichten umhüllt in entsprechend größere Glaszylinder eingesetzt. Ein dritter Kontrollversuch wurde in derselben Art mit dem abgetöteten Pilz angestellt.

Um 9 Uhr morg. zeigten d. leb. Pilze $18,8^{\circ}$, die madenhalt. $18,4^{\circ}$, die tot. $18,3^{\circ}$

11	=	=	=	=	=	$19,8^{\circ}$,	=	=	$20,2^{\circ}$,	=	=	19°
1	=	mittags	=	=	=	$20,4^{\circ}$,	=	=	$21,8^{\circ}$,	=	=	$19,2^{\circ}$
3	=	nachm.	=	=	=	$21,9^{\circ}$,	=	=	$24,2^{\circ}$,	=	=	$19,2^{\circ}$
7	=	=	=	=	=	$22,2^{\circ}$,	=	=	$24,9^{\circ}$,	=	=	$19,2^{\circ}$

Am besten sind die nährstoffreichen Boleten für diese Untersuchungen geeignet, doch war es mir in diesem trocknen Jahre leider nicht mehr möglich, geeignetes madiges Material zu beschaffen. Das nachfolgend mitgeteilte Ergebnis mit einem nur wenige Maden enthaltenden Exemplar zeigt jedoch schon eine beträchtliche Steigerung der Wärmeproduktion gegenüber einem gleichbeschaffenen madenfreien Exemplar. Die Versuche wurden mit je 35 g der in Stücke zerschnittenen Pilze in Dewarschen Zylindern ausgeführt.

Das Thermometer zeigte

um 10 Uhr im madigen Pilz $18,6^{\circ}$ C., im madenfreien 17° C.

11	=	=	=	=	$21,4^{\circ}$	=	=	=	$19,6^{\circ}$	=
12	=	=	=	=	$23,8^{\circ}$	=	=	=	22°	=
1	=	=	=	=	25°	=	=	=	23°	=
3	=	=	=	=	$27,2^{\circ}$	=	=	=	$25,4^{\circ}$	=
4	=	=	=	=	$30,2^{\circ}$	=	=	=	$27,6^{\circ}$	=
5	=	=	=	=	$31,4^{\circ}$	=	=	=	$28,6^{\circ}$	=
6	=	=	=	=	32°	=	=	=	29°	=

Die angegebenen Zahlen beweisen, daß hier auch auf indirektem Wege die nährstoffreichen Gewebe, indem sie die Entwicklung der Madenleiber begünstigen, für die Wärmebildung benützt werden. Die Ausbildung nährstoffreicher Gewebe, um die Mitwirkung von Tieren für die Verbreitung der Fortpflanzungszellen in Anspruch zu nehmen, bietet hier also doch (S. 2) eine Analogie zur Erzeugung der süßen Früchte bei den höheren Pflanzen.

In meiner Arbeit über *Sporodinia* l. c. habe ich bereits ausgesagt, daß die Pilze leicht lösliche Kohlehydrate und Proteine in einem für die Ernährung dieses Pilzbewohners besonders günstigen Verhältnis enthalten, und daß hier insbesondere auch eine für die Zygotenbildung ausreichende Konzentration vorhanden sei. Dies will ich noch nachträglich durch die folgenden in Gemeinschaft mit Dr. Bloch ausgeführten Analysen belegen. Zur Zeit der Ausführung der Analysen wußte ich noch nicht, daß diese Pilze während der Sporenverbreitung ihre Nährstoffe in hohem Grade für die Wärmebildung verbrauchen, und es ist deshalb noch nicht darauf Bedacht genommen worden, nur jüngere Exemplare für die Analysen zu verwenden. Außerdem konnte ich feststellen, daß alle Hutpilze, auch die Morcheln, mit den Stielen ins Wasser gestellt, etwa das gleiche Gewicht an Wasser aufsaugen können, und es bedarf daher noch umfassender Untersuchungen, um festzustellen, ob der Wassergehalt der Pilze überhaupt ein annähernd konstanter ist.

	Trocken- substanz (lufttrock.) o/o	Wasserlösliches Extrakt in der Trockensubstanz o/o	Im Extrakt			
			Protein o/o	Asche o/o	N. freie Extraktiv- stoffe o/o	
<i>Boletus scaber</i> ausgewachsene große Exemplare	16	48	in der Röhren- substanz } 47,25 in der übrigen Hut-u.Stiel- substanz } 6,94	14,78 7,33	37,97 85,73	
<i>Boletus edulis</i> getrocknete käuferische Schnitzel	—	in der Röhren- substanz } 56,4 in der übrigen Hut-u.Stiel- substanz } 26,56	25,94 28,00	14,47 8,76	59,59 63,24	0 000
<i>Carantellus cibarius</i> frisch gesammelt	12,72	38,33	11,62	23,82	64,56	000
<i>Tricholoma</i> <i>equestre</i> frisch gesammelt	15	44,3	24,62	16,95	58,43	00000

Die Analysenzahlen beweisen, daß z. B. der Zellsaft des *Boletus scaber* eine ca. achtprozentige und der von *Tricholoma* eine siebenprozentige Nährsalzlösung enthält. Wenn man diese Pilze aber im Dampftopf sterilisiert, dann wird so viel Wasser von den Zellen ausgeschieden, daß die auf Fließpapier abgetrockneten Pilze nur noch etwa die Hälfte ihres Frischgewichtes behalten und auf ein entsprechend kleines Volumen zusammenschrumpfen. Der so ausgetretene Zellsaft enthielt z. B. bei *Tricholoma* nur 2% vom Frischgewichte der Pilze an gelösten Extraktivstoffen. Die durch Sterilisation oder durch *Sporodinia* abgetöteten Pilzgewebe stellen daher bei Boleten und nährstoffreichen Agaricineen ein an leicht aufnehmbaren (Verhältnis von löslichen Proteinen zu Kohlehydraten) Nährstoffen und an osmotisch wirksamen Salzen so reiches Nährsubstrat dar, wie es sich im Pflanzenreiche wohl nicht zum zweiten Male darbietet.

In seiner Entgegnung (Botanische Zeitung 1902 No. 12/13) auf meine Arbeit behauptet Prof. Klebs in Halle das direkte Gegenteil, daß die Hutzpilze die wasserreichsten, also nährstoffärmsten Substrate seien, die hierfür existieren. Ungefähr in der gleichen Art entgegengesetzt sind auch die meisten Schlüsse, zu denen Klebs — nach den Aussagen seiner ersten Arbeit — und ich durch die Ergebnisse verschieden angeordneter Versuche gelangt sind, und es ist ganz unfruchtbar, über die verschiedenen Auffassungen zu streiten. Es muß vielmehr, da ja die Richtigkeit der Versuche selbst beiderseits nicht bezweifelt wird, demjenigen, der danach strebt, ein Verständnis für diese Organismen zu gewinnen, zunächst überlassen bleiben, selbst zu entscheiden, welche Ableitungen klar und folgerichtig sind und ein Verständnis des Ganzen ermöglichen.

Da ich, wie dies meine Untersuchungen ergeben, eigne Gedanken und selbstständige Ziele verfolge, lag und liegt für mich nicht der geringste Grund vor auf die Ableitungen von Klebs weiter einzugehen, als dies für die sachliche Durchführung meiner Aufgaben unbedingt erforderlich war, zumal ich jede kritische Äußerung vermeiden wollte und vermeiden will.

Auch die persönlichen Bemerkungen und häßlichen Unterstellungen, die Prof. Klebs ohne Grund verwendet, will ich nur dahin beantworten, daß ich nach

Kräften bemüht sein werde, meine eigenen Arbeiten von derartigen Kampfmitteln rein zu halten. Über das Thema der Zygotenbildung hoffe ich im Anschluß an die neuen merkwürdigen Entdeckungen von Blakeslee (Proceed. o. t. Acad. Americ. Vol. XL No. 4) demnächst noch weitere Mitteilungen machen zu können.

Ein Apparat in Pilzform zur Verbreitung feinsten Pulver.

Nachdem so im analytischen Gange der Beobachtungen die Erscheinungen der Sporenausbreitung bei den Basidiomyceten auf ihre Ursache zurückgeführt waren, betrachtete ich es als meine weitere Aufgabe, auf experimentellem Wege auch den synthetischen Beweis für die Richtigkeit zu erbringen. Sind Temperaturerhöhungen von einigen Graden wirklich imstande, Luftbewegungen zu erzeugen, die das Sporenpulver der Basidiomyceten so zu verbreiten vermögen, wie es die Fruchtkörper dieser Pilze tun?

Um dies darzutun, habe ich einen Apparat nach dem Vorbilde eines Hutpilzes, also ein künstliches Pilzmodell konstruiert, das selbsttätig ein feines Pulver austreut und es wie ein lebender Hutpilz in den umgebenden Raum verbreitet.



Fig. 1.



Fig. 2.

Es war zunächst notwendig, eine Vorrichtung zu finden, die ein beliebiges feines Pulver in seine Teilchen vereinzelt und sie räumlich getrennt in kontinuierlicher Folge in eine darunter befindliche Luftschicht herabfallen läßt. Hierzu verwendete ich ein rundes Sieb aus feinsten Seidengaze von dem Umfange eines kleinen Hutpilzes, a und b der vorstehenden Figur 2. Um ein fortdauerndes Durchfallen eines auf dem Siebe befindlichen Pulvers herbeizuführen, war eine Vorrichtung erforderlich, die, ohne erhebliche Wärmemengen zu erzeugen, eine kontinuierlich rüttelnde Bewegung des Siebes hervorruft. Hierzu eignete sich am besten ein sogenannter elektrischer Summer, der auf einer gegen die Wärmeabgabe isolierenden Holzscheibe befestigt wurde (Figur 2 c). Über den Summer paßt eine runde Pappschachtel, die ihn nach außen umgibt. Eine andauernd gleichmäßige Erwärmung von $1-10^{\circ}\text{C}$. konnte nur auf elektrischem Wege mit Hilfe eines Widerstandsdrahtes oder -Bandes herbeigeführt werden. Um eine andauernde Temperaturerhöhung von 3°C . herbeizuführen, war bei einer Dicke des Nickelindrahtes von nicht ganz 1 mm eine Stromstärke von 0,7 Ampère erforderlich. Mit Hilfe eines Vorschaltwiderstandes in Form eines ausgespannten Nickelindrahtes ließ sich die Temperatur nach Belieben innerhalb $1-10^{\circ}$ regulieren. Um die Form der Blätterpilze möglichst zu imitieren, wurden lamellenförmig nebeneinander angeordnete Pappscheiben unmittelbar unter dem Siebe befestigt und die einzelnen Lamellen mit dem Nickelindraht umwickelt (Fig. 2 b). Auch die Röhrenform der Polyporeen wurde in primitiver Art imitiert, indem gewelltes Nickelblech und dazwischen gelegte isolierende Pappscheiben so angeordnet wurden, wie das die Figur 2 a veranschaulicht. Der Holzring, der einseitig die Lamellen resp. die Röhren, auf der anderen Seite das kleine Sieb trägt, kann durch das runde Holzbrett, auf welchem der elektrische Summer befestigt ist, deckelartig verschlossen werden. Der ganze Apparat wurde weiß angestrichen und an einem eisernen Dreifuß mittels dreier Spiralfedern aufgehängt, durch welche die Schüttelbewegungen des Summers nicht auf die weitere Umgebung übertragen werden. Über den so aufgestellten Apparat wird ein Glaszylinder gestellt, wie es die Figur 1 darstellt. Von oben her wird in den Zylinder eine Etage aus schwarzen resp. weißen Papierscheiben an einem hohlen verstellbaren Glasrohr bis auf die Oberfläche des Pilzmodelles hineingesenkt. Durch das hohle Glasrohr kann gleichzeitig ein Thermometer in den Zylinder eingehängt werden. Auch seitlich quer durch den Glaszylinder kann ein kleines Thermometer in den Raum über den Lamellen in den Apparat eingeführt werden. (In der Photographie ist die Öffnung durch einen Wattestopfen verschlossen.) Jedes staubfeine Pulver, das nicht die Eigenschaft hat, sich zu Klümpchen zu vereinigen, läßt sich für die Versuche benutzen. Am besten hat sich das Sporenpulver von *Fuligo septica* bewährt, weil die in dem Pulver enthaltenen Capillitiumfasern das Hindurchfallen des Pulvers in geeigneter Weise regulierten; auch das feine Sporenpulver von *Lycoperdon*-formen ist brauchbar, doch lassen sich, wie gesagt,

wenn auch nicht mit dem gleichen Erfolge, alle feinen Pulver verwerten, die verstäubbar sind. Um den Apparat in Tätigkeit zu setzen, wird zuerst die Wärmeleitung geschlossen und dann erst die Schüttelvorrichtung eingeschaltet. Nach einem Zeitraum von $\frac{1}{2}$ —1 Stunde wurden die Versuche gewöhnlich unterbrochen, und es zeigte sich, daß in dieser Zeit die Pulver, von denen vorher die Rede war, über die Etagenflächen in dünner Schicht gleichmäßig verbreitet wurden (Fig. 1 im Text), ähnlich wie bei den Pilzen. Doch wurde bei allen Versuchen nur ein kleiner Teil des Pulvers in die Höhe getragen, während der bei weitem größte Teil nach unten auf den Boden fiel. Dies ist aber nicht zu verwundern, weil es durch keine Vorrichtung möglich war, die Sporen so vereinzelt und gleichmäßig herunterfallen zu lassen, wie das die Pilze mit ihren hierfür besonders organisierten Basidien vollziehen können, auch wird der Pilz die Luftströmung immer zu derselben Zeit und an derselben Stelle herbeiführen, wo gerade die Sporen abgeworfen werden und sie in der richtigen Art (Röhren, Spalte!) zur Wirkung bringen¹⁾. Trotzdem sind die Sporenmengen, die in einer bestimmten Zeit auf diesem Wege verbreitet werden können, größer als diejenigen, welche ein Pilz abwerfen kann, und daher können wir auch in kürzerer Zeit die Erscheinungen imitieren, welche wir zuerst bei den Pilzen kennen gelernt haben. Selbst die feinsten Anteile der spezifisch schwersten Pulver, wie Lythargyrum (Bleiglätte) wurden in sichtbaren Mengen in die Höhe getragen und auf den Etagenblättchen verteilt. Wurde der Apparat in einem gleichmäßig temperierten Raume mit geringer Licht- und Wärme-Strahlung in Tätigkeit gesetzt und die Erwärmung nicht eingeschaltet, dann fand auch keine Verbreitung der Sporen statt, und dies beweist, daß die Sporenverbreitung durch Wärmebildung verursacht wird.

Hiermit ist die Kette der Versuche geschlossen, welche dartun, daß die Hutpilze durch Wärmebildung unmerkliche Luftströmungen erzeugen und durch diese selbsttätig ihre Sporen in den umgebenden Raum verbreiten.

Das Wesen und die Bedeutung der durch geringe Temperaturunterschiede hervorgerufenen Luftströmungen.

Nachdem nun bewiesen ist, daß es Luftströmungen sind, welche die Sporen der Basidiomyceten in der beschriebenen Art verbreiten, sind die Verbreitungsbilder, welche wir bei den verschiedenen Versuchen gewonnen haben, ihrerseits wieder geeignet, uns einen Einblick in das Wesen dieser feinen Luftströmungen zu gewähren. Wir wissen bereits, daß sie hervorgerufen werden durch ganz geringe Temperaturdifferenzen etwa von 0,1 bis 10°, und daß sie weder sichtbar, noch durch unser Gefühl wahrnehmbar

¹⁾ Es wird wohl gelingen, den Apparat noch erheblich zu vervollkommen und dies Prinzip auch für gewerbliche Zwecke zu verwerten.

sind, sodaß sie sich unserer Beobachtung vollständig entziehen. Da kleine Temperaturdifferenzen überall in der Atmosphäre vorkommen, am Tage durch die Insolation, in der Nacht infolge der Ausstrahlung, so muß die Luft andauernd von diesen Strömungen nach allen Richtungen hin durchsetzt sein.

Wenn wir das erste unserer Bilder auf Tafel I betrachten, dann können wir uns von dem wärmegebenden Pilz aus die Luftströmungen ebenso verlaufend denken, wie das die Sporen auf der Unterseite gleichsam in der Projektion aufzeichnen. Bei der geringen Wärmemenge findet der Ausgleich der Temperaturen in dem Maße statt, als die Strömungen fortschreiten, und sobald die strömende Luft die Temperatur der Umgebung angenommen hat, ist auch die Strömung beendet; so zeigt es das Sporenbild an. In demselben Schrank hat ein großer Fruchtkörper von *Polyporus squamosus*, der bei weitem größere Wärmemengen erzeugt, Luftströmungen verursacht, die den ganzen Schrank fortdauernd gleichmäßig erfüllt haben und so auch zu einer gleichmäßigen Bestreuung der Unterlage geführt haben, wie das die Figur 2 der I. Tafel anzeigt. Es muß also von dem Fruchtkörper ausgehend eine allseitige kontinuierliche Bewegung der Luft erfolgt sein. Eine fortdauernd wirksame Wärmequelle von bestimmter Intensität wird also erforderlich sein, um Luftströmungen zu erzeugen, die einen Raum von bestimmter Größe auszufüllen vermögen. Da die wärmere Luft leichter ist als die kältere, steigt sie naturgemäß in die Höhe, aus diesem Grunde ist die Verbreitungsrichtung der Luftbewegung von unten nach oben die am meisten bevorzugte. Diese Strömungsrichtung wird natürlich noch begünstigt durch zylinderförmige Gefäße, welche schornsteinartig wirksam sind. So kommt es, daß bei dem Versuch, den die Figur 2 auf Tafel II darstellt, die Sporen eines Fruchtkörpers von *Agaricus nebularis* meterhoch in die Höhe steigen, während die Ausbreitung der Sporen nach den Seiten hin nur einen halben Meter weit erfolgt ist (Fig. 1 auf Tafel I).

Wenn nun in einem geschlossenen Raum sich flächenförmige Körper der Luftströmung in den Weg stellen, dann fließt der feine Strom nicht etwa wie ein Windstrom, wenn er den Flächenrand erreicht hat, in mehr oder weniger abgelenkter Richtung (und geschwächter Intensität) weiter, sondern umstreicht gleichmäßig alle Flächen der Körper, die sich in dem Raum darbieten. Er übt deshalb keinen Druck aus, der eine Bewegung feiner Blättchen zur Folge hätte, sondern fließt allseitig um die Körper herum. Führt der Strom nun Pilzsporen mit sich, dann werden sich alle Sporen, welche beim Herüberstreichen der Oberfläche nahe oder mit ihr direkt in Berührung kommen, auf ihr niederschlagen und nicht weiter mit dem Luftstrom mitgeführt werden. Indem der Luftstrom immer wieder über die Flächen des Raumes herüberstreicht, wird er schließlich alle Sporen auf ihnen absetzen. So erklärt es sich, daß die Sporen auf allen Flächen gleichmäßig verbreitet und deshalb umsomehr in einem Raume verteilt

verteilt werden, je mehr Flächen sich in ihm darbieten¹⁾, und daß von dem Orte der Sporenbildung weit entfernte Flächen ebenso wie die nahegelegenen bestreut werden, wenn die Wärmequelle dazu ausreicht²⁾.

Es ist nun selbstverständlich, daß zu den Luftströmungen, die ein Pilz in einem geschlossenen Raume selbsttätig erzeugt, andere hinzukommen können, die durch äußere Kräfte verursacht werden. So wirken Licht- und Wärmestrahlen sekundär ein³⁾ und verursachen eine besondere ihrer Einwirkungsrichtung entsprechende Veränderung der Luftströmungen, wie dies die charakteristischen Verbreitungslinien der Sporenbilder auf den Tafeln 1 bis 4 zeigen. Ist die allseitige Strömung, die von dem Pilz ausgeht, bedeutend stärker als die einseitig wirkende, so wird die Bestreuung eine gleichmäßige bleiben, andererseits wird eine stärkere einseitige Strömung die allseitige des Pilzes mehr oder weniger aufheben.

Die Wärmemengen, welche die Hutpilze erzeugen, werden natürlich nicht dazu ausreichen und auch nicht dazu bestimmt sein, die Sporen ins Unendliche zu vertreiben. Es wird vielmehr in den meisten Fällen ausreichen, sie von der Unterseite des Hutes hervor soweit in den freien Raum emporzutragen, daß ihre weitere Verbreitung, ganz abgesehen vom Wind, von den überall im Freien bereits vorhandenen feinen Luftbewegungen besorgt werden kann.

Ich habe nun versucht, die feinen Luftströmungen, welche durch diese geringen Temperaturdifferenzen herbeigeführt werden, am Lichtschirm eines Projektionsapparates sichtbar zu machen⁴⁾, wie dies bei den gröberen Luftströmungen geschehen kann, die ein Bunsenbrenner, ja selbst die warme Hand verursacht, wenn sie in den Lichtkegel hineingehalten werden. Die Luftströmungen, die der *Polyporus squamosus* oder andere Hutpilze er-

¹⁾ Sind die Flächen sehr eng übereinander geordnet, dann kann die Luftströmung (infolge der Reibung?) nicht weit über die Flächen hinwegstreichen, und die Bestreuung ist dann natürlich auch eine entsprechend unvollkommene; auch kann der Strom durch enge Öffnungen nur schwer hindurchgelangen.

²⁾ Je mehr Oberfläche ein Luftstrom von bestimmtem Sporengehalt in der Zeiteinheit bestreichen kann, und je größer seine Geschwindigkeit ist, um so mehr Sporen wird er absetzen. Die Sporenmengen, die ein Strom von bestimmter Stärke in der Zeiteinheit auf eine Fläche von bestimmter Größe absetzt, wird weiter wesentlich abhängig sein von der Sporenmenge, die er in der Volumeneinheit suspendiert erhält. Wie groß die Aufnahmefähigkeit eines Luftstromes von bestimmter Intensität für Sporen von bestimmter Beschaffenheit ist, darüber kann nichts ausgesagt werden.

³⁾ Die bestrahlten Flächen werden erwärmt und verursachen ein Temperaturgefälle der angrenzenden Luftschichten, das nun erst die Bewegungen zur Folge hat.

⁴⁾ Im Lichtkegel eines Projektionsapparates kann man bei geeigneter Aufstellung sehen, wie die Sporen kontinuierlich von der Unterseite des Hutes ausgestreut werden, und wie sie wolkenartig nach allen Seiten aufsteigen. In einem geschlossenen Zylinder, in dem ein größerer Pilz die Sporen verbreitet, kann man verfolgen, wie an vielen Stellen die Sporen kontinuierlich auf- und niedersteigen, wie also die Luftströmungen nicht einheitlich von oben nach unten erfolgen. Dasselbe Bild gewährt übrigens der Anblick der auf- und absteigenden Sonnenstäubchen, wie man es gelegentlich im Zimmer beobachtet, wo die Verbreitung des Staubes offenbar durch dieselben Luftströmungen nach denselben Gesetzen stattfindet.

zeugen, ließen sich auf dem Schirm des Projektionsapparates aber nicht mehr sichtbar machen. Die sichtbaren Luftströmungen steigen immer mit lockenartigen Nebenlinien senkrecht in die Höhe und sind in der Richtung des Stromes zu bewegen. Die Luftströmungen, die die Pilzsporen verbreiten können, verlaufen um die Körper herum und vermögen Bewegungen feiner Blättchen nicht hervorzurufen. Die Luftströmungen in der Atmosphäre lassen sich somit nach ihrer Intensität in drei Kategorien unterscheiden.

1. Der Wind — Zug; kann nicht durch Erwärmung unmittelbar hervorgerufen werden, ist für unser Gefühl als Zug direkt wahrnehmbar, vermag makroskopisch sichtbare Gegenstände mit sich zu führen. Die Strömung kann sich nach allen Seiten richten, sie verläuft aber meist in wagerechter Richtung, parallel der Erdoberfläche.

2. Luftströmungen, die durch Temperaturdifferenzen von über 20° unmittelbar hervorgerufen werden, sind für das Gefühl durch die Temperaturdifferenz wahrnehmbar, vermögen feine Blättchen zu bewegen, lassen sich bei bestimmter Beleuchtung sichtbar machen und erfolgen in der Richtung von unten nach oben.

3. Luftströmungen, hervorgerufen durch die kleinsten Temperaturdifferenzen von etwa 10° C. abwärts, weder mit dem Gefühl wahrnehmbar, noch durch Beleuchtung sichtbar zu machen, vermögen feine Blättchen nicht zu bewegen, verlaufen allseitig um die Körper herum und sind in hervorragender Weise befähigt, mikroskopisch kleine Körperteile mit sich zu führen und auf der Oberfläche der Körper gleichmäßig abzusetzen.

Die Luftströmungen der letztgenannten Art sind meines Wissens bisher noch nicht beobachtet worden, und doch glaube ich, daß sie in dem Haushalte der Natur, auch abgesehen von der Sporenverbreitung, eine größere Bedeutung besitzen. Da sie überall und stets vorhanden sind, werden sie wesentlich dazu beitragen, die gleichmäßige Mischung der Gase im Raum, insbesondere die gleiche Zusammensetzung der Luft herbeizuführen. Die Schnelligkeit, mit der sich z. B. ein riechendes Gas in dem Hörsaal des Chemikers überall hin verbreitet, die man lediglich dem Expansionsvermögen der Gase zuschreibt, dürfte wohl unter der Mitwirkung dieser Luftströmungen erfolgen, die der wärmebildende Körper eines einzigen Menschen in den größten Räumen herbeizuführen vermag. Für uns Pflanzenphysiologen haben diese Strömungen auch insofern Interesse, als sie uns zeigen, wie die Luft fortwährend über die sich flächenförmig darbietenden Blätter der grünen Gewächse herübergeführt wird und diese dadurch kontinuierlich in Berührung mit neuen Schichten kommen, denen sie die in so geringen Mengen vorhandene Kohlensäure entnehmen können. Schließlich sei noch erwähnt, daß auch Flüssigkeiten in Form kleinster Tröpfchen, wie sie Wolken und Nebel bilden, durch diese Luftströmungen getragen und transportiert werden können, wie wir dies beobachten können, wenn des Morgens durch die ersten Sonnenstrahlen eine Erwärmung der Erdoberfläche eintritt und die Nebel infolgedessen wolkenartig emporsteigen.

Der biologische Wert der Basidie.

Das Endziel aller biologischen Wissenschaften ist darauf gerichtet, uns das Leben im einzelnen wie im ganzen verständlich zu machen, um seinen eigentlichen Wert zu erfassen. So hat die botanische Wissenschaft ihre höchste Aufgabe darin zu erblicken, die pflanzlichen Lebewesen unserem Verständnis möglichst nahe zu bringen. Von allen Eigenschaften der Lebewesen sind unseren Beobachtungshilfsmitteln die morphologischen Charaktere am leichtesten zugänglich; sie sind deshalb zuerst studiert und uns am gründlichsten bekannt geworden. Die morphologische Betrachtung der Lebewesen gewinnt aber erst einen höheren Wert, wenn sie vergleichend betrieben wird. Wir entdecken dann einerseits Übereinstimmungen, aus denen wir die verwandtschaftlichen Beziehungen ableiten und andererseits Abweichungen, die uns die Eigenart jedes Organismus erst richtig erkennen lassen und seine genaue Charakteristik und Unterscheidung ermöglichen. Erst im Rahmen des zusammengefaßten Ganzen gewinnt so ein bestimmtes Organ seine richtige morphologische Bewertung.

Ein jedes Organ von bestimmter Gestalt vollzieht eine ganz bestimmte Funktion, und wenn wir diese erst richtig erkannt haben, dann finden wir, daß die charakteristische Form der natürlichste und zweckmäßigste gestaltliche Ausdruck ist für diese ganz besondere Funktion¹⁾, daß jedes Organ für diese Funktion gleichsam erst geschaffen ist.

So stellt uns jedes morphologisch bedeutsame Organ vor die Frage nach seiner besonderen Funktion, und so entspricht seiner morphologischen Bewertung eine physiologische. Die richtige Bewertung der einzelnen Funktionen wird ebenfalls erst bei vergleichender Betrachtung möglich werden, wenn wir die physiologischen Leistungen der einzelnen Organe erst kennen. Diese vergleichende Physiologie der Organe würde, sofern sie noch möglich ist, uns erst die ganze morphologische Differenzierung verständlich machen und die bisherige trockene Systematik mit geistigem Inhalt beleben.

Organe mit bestimmten Funktionen sind aber nicht Selbstzwecke, die sich aus sich selbst entwickelt haben als Erzeugnisse eines undurchsichtigen Ideenplanes oder gar aus reinem Zufall. Form und Funktion zusammen sind wiederum nur der Ausdruck der Anpassung einer (mit ererbten Anlagen bereits ausgerüsteten, und zu weiteren Anpassungen befähigten) lebendigen Substanz an einen bestimmten Komplex von Lebensbedingungen. Form und Funktion so in Beziehungen zu bringen zu ihren speziellen Lebensbedingungen, ist die Aufgabe der Biologie, die somit die Kenntnisse der morphologischen und physiologischen Bewertungen voraussetzt und alle unsere Kenntnisse eines Organes zum vollen Verständnis zusammenfaßt.

Auch die Biologie eines Organes kann erst aus dem Vergleiche richtig bewertet werden, und so entspricht dem morphologischen und physiologischen

¹⁾ Wie jeder Teil einer Maschine, der einer bestimmten Funktion dient, die dieser Funktion entsprechend zweckmäßigste u. deshalb zumeist charakteristische Gestalt erhält.

Wert, beide mit umfassend, der biologische. In diesem Sinne soll der biologische Wert der Basidie nachstehend begründet werden, soweit das unsere bisherigen Kenntnisse gestatten.

Zur Lösung dieser Aufgabe müssen wir erst die verschiedenen Wertungen der wichtigsten Fruktifikationsorgane bei den übrigen Pilzklassen kennen lernen, und dies soll den obigen Voraussetzungen gemäß so geschehen, daß wir ihre Ableitung, von den verschiedenen möglichen Lebensbedingungen ausgehend, in groben Zügen versuchen werden.

Die Fadenpilze sind als die Zerstörer der abgestorbenen organischen Substanzen des Pflanzenreiches zu betrachten im Gegensatze zu den Bakterien, welchen die Tierleichen zum Opfer fallen. Bei der Verwesung der kohlenhydratreichen Pflanzenreste bleibt die neutrale oder saure Reaktion, welcher die Fadenpilze angepaßt sind, bestehen, während bei den stickstoffreichen tierischen Leichen stets mehr oder weniger Ammoniak entsteht, das eine alkalische Reaktion herbeiführt, bei welcher die Bakterien am besten gedeihen. Die Pflanzenzellen sind mit Zellulosepanzern umgeben, und diese stellen ein schwer zerstörbares zusammenhängendes Gerüst dar, das nur von fadenförmigen Organismen durchwachsen und zersetzt werden kann, während andererseits die tierischen Zellen sich leicht zersetzen und verflüssigen lassen und einem zusammenhängenden Fadensystem weder Halt noch Stütze gewähren. Die Organisation der Bakterien, ihr Wachstum und ihre Fortpflanzung ist ihrem Leben in flüssigen oder dem flüssigen Zustande nahestehenden Medien auf das beste angepaßt, und wir sehen, wie auch die Fadenpilze in Gestalt, Wachstum und Fortpflanzung bakterienähnlich werden, sobald sie unter denselben Bedingungen leben.

A. Diese einfachsten Formen der Fortpflanzung ohne besondere Verbreitungsorgane charakterisieren die Oidien und Hefen, die in nährstoffreichen Flüssigkeiten, in saftreichen Geweben etc. ihre günstigsten Lebensbedingungen finden und durch ihre Größe, ihr schnelleres Wachstum und entsprechend reichere Fruktifikation den Bakterien noch überlegen sind.

a. Die Oidien, verwandtschaftlich als Nebenfruchtformen von den höchsten Pilzen abzuleiten, können infolge gleicher Lebensbedingungen in Wachstum und Fortpflanzung den Bakterien so ähnlich werden, daß sie dieselbe Kolonienbildung zeigen, ohne jedoch, wie ich dies für das *Oidium Collybiae tuberosae* im VIII. Bande dieser Zeitschrift gezeigt habe, die Fähigkeit zu verlieren, Funktion und Gestalt der Mycelien total zu verändern und sich für ihre Erhaltung das differenzierteste Sporenverbreitungsorgan, die Hutzpilzform, wieder aufzubauen. Die Oidien können nur passiv durch Übertragung verbreitet werden.

b. Die Hefen sind den Oidien funktionell und gestaltlich sehr ähnlich, leben unter ähnlichen Verhältnissen, erreichen aber speziell in zuckerreichen Fruchtsäften den Höhepunkt ihrer Lebenskraft und sind hier allen anderen Organismen überlegen. Sie sind physiologisch befähigt, den Zucker in Alkohol und Kohlensäure zu zerlegen und die bei diesem Prozeß fre werdende Energie für ihre Lebenstätigkeit zu verwerten. Der Alkohol ist

gleichzeitig ein Kampfmittel gegen Bakterien, die Kohlensäure ein Bewegungsmittel¹⁾). Diese auffälligen Funktionen entsprechen den besonderen Lebensverhältnissen, wie sie zuckerreiche Flüssigkeiten darbieten.

B. Die eigentliche Domäne der Fadenpilze sind aber, wie erwähnt, die festen pflanzlichen Zellensubstrate. Man kann diese Pflanzenreste in zwei Gruppen unterscheiden:

I. In Pflanzenteile, die reich an gelösten oder leicht löslichen Kohlehydraten (Zucker, Stärke, Inulin, Fett, Glycogen etc.), dagegen arm an schwer zersetzlichen Substanzen sind, und

II. die arm an leicht löslichen, aber reich an schwer zersetzlichen Bestandteilen ihres Zellenkörpers sind, wie Pentosane, Cellulose, besonders Lignin-, Pektin-, Subrin-Einlagerungen etc. (Festigungs- und Leitungsgewebe der Pflanzen.)

Dementsprechend zerfällt das Reich der Fadenpilze in zwei große Abteilungen:

I. In die sogenannten niederen Pilze oder Phycomyceten.

Ihre Mycelien, hier noch im Konkurrenzkampf mit Bakterien und Tieren, wachsen sehr schnell, entsprechend der leichten Assimilierbarkeit des Substrates. Auch die Fortpflanzung muß schnell beendet sein, die Mycelien sind deshalb einschlauchig, um die assimilierten Nährstoffe in ungehindertem Plasmaström den differenzierten Fruktifikationsorganen zuzuführen²⁾, die sie ebenfalls auf schnellstem Wege für die Sporenbildung verwerten. Hier wird in einfachster Art ganz allgemein durch Teilungsprozesse die Bildung kleinerer Verbreitungs-, durch Berührungs- und Verschmelzungsvorgänge die Entstehung größerer Dauer-Sporen herbeigeführt.

Diese Substrate können sich nun a) im Wasser, b) auf dem Lande, der Zerstörung darbieten.

Ia. Fallen Pflanzenteile (Früchte etc.) ins Wasser, dann werden die Nährstoffe besonders bei lebenden Substraten³⁾ nur sehr langsam aus den Zellen herausdiffundieren³⁾. Für diese Lebensbedingungen sind die Oomyceten angepaßt. Ihr Sporenverbreitungsorgan, das Zoosporangium, bildet nackte Sporen aus, die durch chemotaktische Reizbarkeit die Fähigkeit haben, neue Substrate auf weite Entfernungen im Wasser zu bemerken und die durch Cilien dazu ausgerüstet sind, nach ihren Zielen direkt hinzuschwimmen.

1) R. Falck, Darstellung und Anwendung konsistenter Spiritusseifen zur rationellen Reinigung und Desinfektion der Haut, besonders von ankelebenden Schimmelpilzsporen. Archiv für klin. Chirur., Bd. 73, Heft 2, S. 8. Die von mir an dieser Stelle vertretene Auffassung ist 1902, wie ich aus den neuerdings erschienenen außerordentlich klaren Vorlesungen über Pflanzenphysiologie von Jost ersehe, bereits von Wortmann im „Weinbau und Weinhandel“ vertreten worden.

2) R. Falck, Über *Sporodinia grandis* l. c., das Kapitel Der Plasmastrom und seine Bedeutung.

3) Im Wasser leben Früchte, Zweige etc. sehr lange, die auf dem Lande durch Eintrocknen schnell absterben. In der Zone der aus den Zellen herausdiffundierenden Nährstoffe wird im Wasser die Lebenssphäre für Bakterien sein.

Ihre Fortpflanzungsorgane sind durch diese Funktionen dem Wasserleben aufs vollkommenste angepaßt und deshalb biologisch als Wassersporen zu bezeichnen.

Ib. Befinden sich solche nährstoffreiche Substrate auf dem Lande, dann sind es die Zygomyceten, die in ihrer reichen Flora in kürzester Zeit zur Erscheinung kommen. Auf langen beweglichen Stielen heben sie ihre Sporenverbreitungsorgane, die Sporangien, in die Luft und befähigen sie dadurch mit den Gegenständen der Umgebung in Berührung zu kommen. Die Sporen sind hier gegen das Austrocknen mit festen Membranen umgeben und ringsherum mit einem Klebstoff ausgerüstet, der bei jeder Berührung in Funktion tritt und die Sporen anklebt. So werden sie direkt an Kräuter angeklebt oder durch Tiere verschleppt. Die Kräuter werden gefressen, und so gelangen die Pilze in die Exkremente der Pflanzenfresser und von dort wieder aufs Feld an die Kräuter. Die typischen Klebsporen der Zygomyceten können sich nur durch direkte Berührung verbreiten, doch gibt es hier schon Übergänge nach den Formen hin, die ihre Sporen für die Verbreitung durch den Wind¹⁾ oder durch bestimmte Tiere organisieren und schließlich auch solche, die ihr Sporangium selbsttätig ausschleudern (*Pilobolus*). Daß auch die abweichend gestalteten Fruktifikationsorgane einer bestimmten Mucorinenart den ganz speziellen Lebensbedingungen dieses Pilzes auf das vollkommenste angepaßt sind, das habe ich bereits für eine typische Form, für *Sporodinia grandis* (l. c.) bis ins einzelne durchzuführen versucht, worauf ich hier besonders verweise.

II. Den meisten pflanzlichen Substraten, welche unter normalen Verhältnissen abgestoßen werden und der Verwesung anheimfallen, sind die leicht verwertbaren Nährstoffe so viel als möglich von der Mutterpflanze entzogen worden, und sie bieten in ihrer Substanz ein schwer verdauliches Zellengerüst dar, das die Konkurrenz anderer Lebewesen fast ausschließt. Die Mycelien, die hier das Zerstörungswerk ausführen, wachsen langsamer, sind langlebig, in Zellen gegliedert und können genügende Nährstoffmengen für den Bau der Fruktifikationsorgane zumeist erst nach längerer Zeit nach den Verbrauchsorten hinschaffen. Auch die Sporenverbreitungsorgane entwickeln sich langsamer und erfahren eine höhere und regelmäßigere Differenzierung.

Die schwer verdaulichen Substrate lassen sich wieder in zwei Gruppen trennen, von denen die erste solche Pflanzenteile umfaßt, deren Zellen noch erhebliche Reste von Protoplasma und Reservestoffen führen und deren Membranen noch nicht sehr widerstandsfähig gebaut sind, wie Blätter, einjährige Achsen, dünne Zweige, Exkremente etc. Diese Substrate bieten selbst in sehr kleinen Mengen die günstigsten Lebensbedingungen für die große Klasse der Ascomyceten dar, die ihre derberen Fruktifikationsorgane auch an trocknen Stellen bilden können, da wo die zarten Sporangienträger

¹⁾ Durch *Thamnidium* und *Chaetocladium* genau so, wie Brefeld in seinem Pilzsystem die höheren von den niederen Pilzen nach rein morphologischen Gesichtspunkten ableitet.

der Zygomyceten nicht mehr entstehen können. Die typischen Sporenverbreitungsorgane der Ascomyceten sind aber auch nicht mehr darauf angewiesen, mit den umgebenden Substraten in direkte Berührung zu kommen, sie infizieren dieselben selbsttätig, indem sie ihre Sporen auswerfen. Dem inaktiven Klebsporangium der Zygomyceten entspricht hier der für die Schleudertätigkeit organisierte aktive Askus, der seine Sporen auch mit einem plasmatischen Klebstoff versieht und sie mit ihm zugleich durch osmotischen Druck und elastisch gespannte Membranen¹⁾ auswirft, sodaß sie überall kleben bleiben, wohin sie geworfen werden. Mehrere Zentimeter weit können die Askussporen nach einem Ziel hin (Zielsporen) ausgeschleudert werden, und es liegt hier die Fragestellung nahe, ob die in den freien Luftraum geschleuderten Askussporen nicht auch durch die feinsten Luftströmungen fortgeführt und verbreitet werden können. Deshalb habe ich Versuche mit *Ascobolus*-, *Sordaria*- und *Helvella*-Formen in ähnlicher Weise wie früher angestellt, nur daß ich anstatt aus Papier kleine Etagen aus Glas verwendete, um den Verbleib der Sporen mikroskopisch verfolgen zu können. Es zeigte sich hier aber ein ausgesprochener Gegensatz zu den Basidiomyceten: nur die Unterseite der Gläser wurde von den Sporen beklebt, und zwar ausschließlich die dem Fruchtkörper zunächst gelegenen und nicht weiter als 1 bis höchsten 4 cm von ihm entfernten Gläser. Unter dem Mikroskop sieht man, daß die acht Sporen eines Schlauches gewöhnlich dicht beisammen liegen, daß sie also im Zusammenhang geworfen werden. So große Körper können aber durch die feinen Luftströmungen nicht mehr getragen werden, und deshalb schon kommt diese Verbreitungsart für die Ascomyceten im allgemeinen nicht in Betracht²⁾. Bei *Gyromitra esculenta* Fr. ist es aber schon auffällig, daß die Sporen auf den Gläsern zum großen Teil vereinzelt liegen, und es ist wohl die größte Zahl der Formen, bei denen die Sporenentleerung nicht kontinuierlich erfolgt wie bei den Basidiomyceten, sondern infolge eines Reizes sich plötzlich in sichtbaren Staubwolken vollzieht. Bei vielen kleineren Formen der Basidiomyceten mögen es Tiere sein, welche die Oberfläche berühren und daraufhin mit den Sporen beworfen werden, die sie verschleppen sollen. Bei *Ascobolus lignatilis* konnte ich oft beobachten, wie die Sporen plötzlich entlassen werden, wenn das Kulturgefäß geöffnet wurde und ein feiner Luftzug einwirkte. Wenn man den großen Fruchtkörper der *Gyromitra esculenta* Fr. mit dem Stiel ins Wasser stellt, bis er sich vollgesogen hat und ihn dann in einem beliebigen zugfreien Raum auf schwarzes Papier setzt, dann wirft er im Verlaufe mehrerer Tage seine Sporen allseitig aus, sodaß sie ringsherum einen Sporenhof bilden, wie ihn die Fig. 7 auf Taf. II wiedergibt. Es ist aber schon bekannt³⁾, daß, wenn man

¹⁾ Nach A. de Barys Untersuchungen. Morphologie und Physiologie der Pilze. Leipzig 1866.

²⁾ Thermoelktrisch ließ sich bei der Speiselochele keine Eigenwärme feststellen.

³⁾ Bouillard l. c. De Bary l. c. S. 141.

einen solchen Fruchtkörper von Zeit zu Zeit anpustet, er auf einmal ganze Sporenwolken entläßt, die von demselben Luftzuge weit fortgetragen werden ¹⁾. Bei den Discomyceten, besonders aber bei den Helvellineen wird die Ejakulation offenbar vorzugsweise durch den Wind herbeigeführt, der die Sporen eben gleich weiter verbreiten soll. Unter diesem Gesichtspunkte wird die ganze Organisationsrichtung dieser Pilze, die ihr Hymenium erst auf einem Stiel keulen- oder kopfförmig emporheben (Geoglossaceen), dann die hymeniale Fläche verbreitern (Verpa), gleichzeitig immer mehr festigen (Gyromitra) und schließlich in den echten Morcheln ihr Hymenium in festen gekammerten Flächen dem Winde darbieten, erst verständlich. Ein genaueres Studium wird uns den Sinn der verschiedenen Fruchtkörperbildung bei den Ascomyceten ebenfalls weiter erschließen.

Der bei weitem größte Teil der Ascomyceten kann aber seine Sporen nur auf kurze Strecken hin verbreiten, und diese sind es, die deshalb noch ein zweites Sporenverbreitungsorgan, den Conidienträger, der die Kraft des Windes zur Verbreitung seiner Sporen ausnützt, als sog. Nebenfruchtform ausbilden. Der Conidienträger bildet seine Sporen direkt nach außen und ordnet sie hier so an, daß sie möglichst große Angriffsflächen dem Winde darbieten. Er erreicht dies auf zweierlei Art. Entweder ordnet er viele Sporenschichten in losen Kettenverbänden dicht nebeneinander flächenförmig an, sodaß sie vom Winde erfaßt und gleichzeitig verteilt werden können (Aggregatsporen), oder er bildet reiche Verzweigungen mit vereinzelter Sporen, die der Wind abschütteln, erfassen oder ebenfalls forttragen kann (Schüttelsporen ²⁾). In den allverbreiteten Schimmelpilzen, den Penicillien- und Aspergillus-Arten einerseits, den Botrytis- etc. Arten andererseits, erreichen diese Typen ihre vollkommenste Ausbildung.

IIb. Die widerstandsfähigsten und in den größten Mengen gebildeten organischen Substanzen, die es auf der Erde gibt, sind die Holzmassen der Bäume. Durch Einlagerungen von Lignin, Pectin etc. erlangt hier die Cellulosemembran eine solche Festigkeit, daß die aus ihnen gebildeten Gewebe an Zug- und Druckfestigkeit die härtesten anorganischen Materialien übertreffen. Auch diese Substanzen müssen im Haushalte der Natur für die Verwirklichung neuen Lebens wieder zurückgebildet werden, und indem die Pilze diese Aufgabe erfüllen, erreichen sie in den Basidiomyceten ihre höchste Organisation. Den Bäumen in dem grünen Reiche vergleichbar, sind dies die Riesen unter den Pilzen.

Den Auflösungs- und Verwertungsprozeß der Holzmassen können die Basidiomyceten aber nur unter ganz bestimmten Bedingungen vollziehen, nämlich bei genügender Zufuhr von Luft und Feuchtigkeit. An der Luft,

¹⁾ Nach den Untersuchungen de Barys (l. c.) ist es die austrocknende Wirkung des Windes, welche die Ejakulation veranlaßt.

²⁾ Schon bei den Mucorineen sind beide Typen vorgebildet, in *Syncephalis* einerseits und *Chaetocladium* andererseits.

aber trocken aufbewahrt, können sie nicht zerstört werden, und hierauf beruht ihre Verwendung für die technischen Zwecke. Im Wasser, aber ohne genügenden Luftzutritt, werden sie ebenfalls nicht angegriffen, sondern karbonisieren und bilden die Steinkohlen. Die richtigen Bedingungen für die Zerstörung sind dagegen vorhanden, wenn die Holzmassen, wie dies in der Natur ja stets geschieht, in unmittelbarer Berührung mit dem feuchten Erdboden an der Luft ungestört liegen bleiben. Diese Verhältnisse bestehen besonders im Walde, wo alljährlich die abgefallenen Zweige und Blätter auf den Erdboden gelangen. Hier treffen wir deshalb die ganze Flora der Basidiomyceten; da die Zersetzung der Holzsubstanz eine verhältnismäßig schwierige ist, so geht sie auch entsprechend langsam vor sich. Während die Zygomyceten sich in einigen Tagen bis zur Fruchtreife entwickeln, bedarf es für die Fruchtkörperbildung der Basidiomyceten in der freien Natur meist einer jahrelangen Entwicklungszeit. Die Mycelien der Basidiomyceten sind also sehr langlebig, und sie bedürfen deshalb keines Dauerzustandes. Andererseits ist es nach einer so langen vegetativen Entwicklungszeit notwendig, daß die endlich eintretende Fruktifikation eine mögliche Verbreitung der Sporen herbeiführt. In den Wäldern kann aber der Wind für die Verbreitung nicht oder nur wenig in Anspruch genommen werden¹⁾, und deshalb ist hier ein ganz besonders organisierter Conidienträger, „die Basidie“, zu ihrer bevorzugten Ausbildung gelangt. Wodurch ist nun die Basidie von dem Conidienträger unterschieden? Die Basidie bildet ihre Sporen einzeln aus, und jede einzelne Spore besitzt ihren besonderen Träger, das Sterigma, welches zunächst die Aufgabe hat, die einzelnen Sporen räumlich so weit wie möglich voneinander zu trennen, damit sie sich beim Abfall nicht berühren können. Basidien und Sterigmen, welche die Sporen tragen, sind aber niemals, wie die Conidienträger, aufrecht, sondern stets entweder senkrecht nach unten oder wagerecht gestellt, sodaß die Sporen, wenn sie abgestoßen werden und, der Schwerkraft folgend, herunterfallen, nicht auf den eigenen Träger und auf das eigene Substrat gelangen, sondern in einen freien Luftraum fallen. Die Basidie hat demnach die Funktion, die Sporen auszubilden, sie zu vereinzeln, sie über einen freien Fallraum freischwebend in die Luft zu heben und sie dann aktiv abzustoßen. Ist ein Körper von der Kleinheit einer einzigen Basidienspore einmal freischwebend im Luftraum befindlich, so kann er durch die geringste Luftströmung, wie wir gesehen haben, etwa wie das Plankton im Wasser, getragen und auch an ganz windstillen Orten (Wäldern etc.) verbreitet werden: hierfür befähigt die Spore der Basidiomyceten ihre Basidie und darin liegt — aus dem Vergleiche abgeleitet — ihr biologischer Wert.

1) An den Orten stärkerer Windströmungen wird die Ausbildung der zarten pilzlichen Differenzierungen wegen der trocknenden Wirkung stets beeinträchtigt sein.

Hiernach gewinnen wir folgende kurzgefaßte vergleichende Bewertung der wichtigsten Sporenverbreitungsorgane bei den Pilzen.

Sporen- verbreitungsorgan		Morphologisch (nach Gestalt) bewertet	Physiologisch (nach Funktion) bewertet	Biologisch (nach Zweck) bewertet
Zoosporangium	bildet	Ciliensporen	Schwimmsporen	Wassersporen
Sporangium	bildet	Plasmasporen	Klebsporen	Luftporen <div> { Kontaktsporen Zielsporen Windsporen Schwebesporen } </div>
Askus	bildet	Schlauchsporen	Schleudersporen	
Conidienträger	bildet	Trägersporen	{ a. Aggregatsporen b. Schüttelsporen }	
Basidie	bildet	Basidiensporen	Fallsporen	

Über die Verbreitung der Sporidien bei den Rostpilzen.

Über die Verbreitung der verschiedenen Sporenformen der Uredineen hat sich in dem soeben erschienenen Buch über die wirtswechselnden Rostpilze H. Klebahn (Berlin 1904) in umfassender und klarer Weise geäußert. Während sich die Verbreitung der Äcidiosporen und der Uredosporen durch die Kraft des Windes erklären läßt, kann nach Klebahn die Frage, wie die Sporidien verbreitet werden, kaum ganz befriedigend beantwortet werden. Klebahn sagt wörtlich: „Man kann zwar nicht zweifeln, daß sie in erster Linie vom Winde, vielleicht auch durch Tiere umhergetragen werden. Den Mechanismus ihrer Beförderung durch den Wind genau zu verstehen, macht aber doch einige Schwierigkeiten. Die Blätter oder Halme, welche keimende Teleutosporen tragen, befinden sich fast ausnahmslos am Boden; die Sporidien müssen also vom Winde zunächst gehoben werden. Nun scheinen die Conidienträger allerdings die Kraft zu haben, die Sporidien eine, wenn auch nur sehr kurze Strecke fortzuschleudern, sodaß der Wind sie nicht erst von ihrer Bildungsstätte abzulösen braucht. Aber trotzdem sind damit die Schwierigkeiten nicht ganz beseitigt, denn eine zu schwache Luftströmung wird nicht von genügender Wirkung, eine zu starke zu sehr vertrocknend auf die Teleutosporen einwirken und die Keimung hemmen.“

Die Schwierigkeiten bezüglich der Erklärung der Sporidienverbreitung werden nun beseitigt, wenn sie nach Art der Basidiensporen durch die feinsten Luftströmungen verbreitet werden können. Die Teleutosporen sind zumeist gestielt, und wenn sie keimen, dann bilden sie noch dazu eine lange Basidie, die Basidie wieder bildet fein zugespitzte Sterigmen, und diese erst tragen räumlich getrennt je eine Spore. Wenn man die Keimungsbilder der verschiedenen Teleutosporenbilder betrachtet, dann kann man nicht im Zweifel sein, daß der Basidienträger auch hier die für ihn charakteristischen Funktionen erfüllt. Der gleiche morphologische Bau ist nicht in erster Linie der Ausdruck

für verwandtschaftliche Beziehungen, sondern für die gleiche physiologische Funktion. Eine eigene ausreichende Wärmebildung werden die einzelnen keimenden Teleutosporen voraussichtlich nicht besitzen, also selbsttätig ihre Sporen auch nicht verbreiten können, dagegen wird zur Zeit ihrer Keimung infolge der Insolation der Erdoberfläche eine andauernde Luftströmung von dem Erdboden her für ihre Verbreitung stets vorhanden sein, so daß die Sporidien nicht bloß auf die höchsten Bäume, sondern auch unter Mitwirkung von Windströmungen auf sehr weite Entfernungen hin vertrieben werden können. So erklären sich die Beobachtungen Klebahn's über die Verbreitung der Sporidien im Frühjahr, die er auf Seite 32 seines Werkes beschrieben hat.

Die Teleutosporen bleiben aber zumeist an den von ihnen befallenen Pflanzenteilen zu vielen Hunderten beisammen sitzen, und wenn sie gemeinsam keimen, dann haben wir ein primitives Basidien-Hymenium vor uns. Die Sporidien werden sich hier voraussichtlich nur dann ausgiebig verbreiten können, wenn das Hymenium sich an der Unterseite etwas erhöht liegender Pflanzenteile oder in mehr oder weniger senkrechter Lagerung befindet, z. B. an stehengebliebenen Halmen. Leider fehlte mir geeignetes Material, um dies experimentell feststellen zu können, da die Teleutosporen erst nach der Überwinterung im Freien keimfähig sind. Nur bei einer Uredinee mit fruchtkörperartig zusammengestellten Teleutosporen, dem *Gymnosporangium juniperinum* Lk., habe ich prüfen und feststellen können, daß hier die Verbreitung der Sporen genau so wie bei den übrigen Basidiomyceten erfolgt. Der Zweig von *Juniperus Sabina* L., an dem sich die in der Sporidienbildung befindlichen gallertartigen Teleutosporenlager befanden, wurde unterhalb des Pilzlagers abgeschnitten, in eine Flasche mit Wasser gestellt und oberhalb des Gymnosporangiumlagers eine Etage aus weißen Papierscheiben in der bekannten Art (wie in Taf. VI Fig. 4) angebracht. Der Versuch wurde unter einem Glaszylinder in einem geschlossenen Schrank angesetzt, und schon am nächsten Tage waren sämtliche Blättchen innerhalb des Zylinders von den orangefarbenen Sporen bedeckt, woraus zu schließen ist, daß dieser Pilz sogar imstande ist, durch eigene Wärmebildung seine Sporidien zu verbreiten. Um die Temperaturerhöhung wirklich festzustellen, fehlte mir das genügende Material, doch hoffe ich, diese Versuche noch ergänzen und wie über die Prüfung der übrigen Uredineen noch später berichten zu können.

Wenn wir nach unseren neuen Gesichtspunkten die Biologie der Uredineen entsprechend vervollständigen, so gewinnen wir das folgende Bild: Die Teleutosporen sind erst nach der Überwinterung im Frühjahr keimfähig, wenn durch reichere Niederschläge die vorjährigen Pflanzenreste durchfeuchtet werden und die stärkere Erwärmung der Erdoberfläche die Keimung herbeiführt, wie das auch für andere Wintersporen, z. B. die Zygoten von *Sporodinia* etc., zutrifft. Jetzt werden bei feuchter warmer Witterung die Sporidien gebildet, von den Luftströmungen, die die erwärmte Erde erzeugt, emporgetragen und auf die Oberseite der eben entwickelten Blätter ab-

gesetzt, deren junge Epidermis sie in feuchter Luft mit den Keimschläuchen unmittelbar durchbohren können. Die Wirtspflanzen der Uredineen, welche von den Sporidien befallen werden, sind zumeist hochgewachsene Kräuter und Sträucher, oft auch hohe Bäume. An ihren befallenen Blättern bilden sich alsbald die Äcidienlager, deren große Aggregatsporen durch die Einwirkungen des Windes von den beweglichen Blättern aus auf das leichteste über weite Strecken, besonders auf die niedriger wachsenden Kräuter verbreitet werden können. In der gleichen Art sind nach Klebahn die Uredosporen durch den Wind übertragbar. Ganz rätselhaft sind noch die Pycnosporen. Da die von ihnen besetzten Pflanzenteile häufig einen auffallenden Honiggeruch verbreiten, ist es sehr wahrscheinlich, daß sie durch Insekten verbreitet werden. Da bei den Uredineen die Basidie im Verein mit den anderen Sporenformen bei ein und demselben Pilz vorkommt, so tritt hier ihre Funktion und ihre Bedeutung für die Infektion der Wirtspflanze den anderen Sporenformen gegenüber besonders klar zutage.

Die Wertungen der Sporenformen bei den Uredineen.

Gebräuchlicher Name	Morphologischer Wert	Physiologischer Wert		Biologischer Wert für die Verbreitung
		für die Verbreitung	für den Befall	
Teleutosporen	Chlamydo-sporen	Frühjahrs-sporen	Epidermis-sporenbildner	Überwinterungs-sporen
Sporidien	Basidio-sporen	Fallsporen	Epidermis-sporen	Schwebesporen
Äcidien- und Uredosporen	Chlamydo-sporen	Aggregat-sporen	Spaltöffnungs-sporen	Windsporen
Pycnosporen	Conidien	Riechsporen	Narben-sporen (?)	Insektensporen ?

Der Sinn der Fruchtkörperbildung bei den Basidiomyceten.

Schon bei den Uredineen entsteht bei der Keimung ein primitives Hymenium, in dem die langen Protobasidien unregelmäßig und unverbunden nebeneinander stehen, sodaß die Basidiensporen trotz ihrer seitlichen Ausbildung in einen freien Raum herunterfallen können. Bei den Gymnosporangien und Endophyleen treten die Teleutosporen schon zu fruchtkörperartiger Verbindung zusammen.

Der Fortschritt nach Richtung der Autobasidiomyceten ist dahin zu verstehen, daß den nun an der Spitze gebildeten Sporen beim Abfallen nicht mehr die eigenen Basidien im Wege stehen, und daß die letzteren nicht nebeneinander, also in größerer Zahl gebildet werden können. Unter den Autobasidiomyceten finden wir die einfachsten Formen in der Familie der Tomentellen, bei welchen die Basidien dicht, aber noch unregelmäßig nebeneinanderstehen. So beschaffene Hymenien, die das Substrat als unregelmäßige formlose Häute überziehen, bildet die häufige Gattung

Corticium. Auch die *Corticium*-formen¹⁾ verbreiten ihre Sporen bei richtiger Lagerung des Fruchtkörpers in geschlossenen Räumen wie die übrigen Basidiomyceten, doch ist die Bestreuung der Flächen eine verhältnismäßig geringe.

Die Bildung von regulären Fruchtkörpern finden wir erst in der Familie der Telephoreen, deren Basidien regelmäßig und dicht nebeneinander gestellt als echte Hymenien die Oberfläche der eigentlichen Fruchtkörper überziehen, die ihrerseits eine Mark- und Rindenschicht unterscheiden lassen. Eine sehr verbreitete Formenreihe unter den Telephoreen sind die Arten der Gattung *Stereum*, die auch schon selbständige, vom Substrate unabhängige Fruchtkörper ausbilden können. Sofern die Fruchtkörper dieser Pilze auf mehr oder weniger wagerechten Flächen wachsen, legen sie sich dem Substrate dicht an wie die *Corticium*-formen und bilden häutige oder krustenförmige Überzüge; sie werden dann als resupinat bezeichnet. Sofern sie aber an senkrechten Flächen entstehen, treten in ihrem oberen Teile die Fruchtkörper selbständig über die Fläche hinaus und wachsen horizontal weiter. Sie zeigen dann dorsiventralen Bau, bilden eine mit einer dicken Haut überzogene Oberfläche und tragen auf der Unterseite auf einer ebenen und mehr oder weniger glatten Fläche das Hymenium. Hier werden die einfachsten Fruchtkörper gebildet, die denkbar sind, um dem Basidienhymenium unabhängig vom Substrat eine selbständige für die Sporenverbreitung geeignete Lage zu erteilen. Es war aber geboten, an einer Form der Gattung *Stereum* durch den Versuch klarzustellen, in welchen Lagen hier die Sporenverbreitung erfolgt. Hierzu verwendete ich *Stereum hirsutum*-Fruchtkörper mit ebenen Hymenium-Flächen. Es liegen dann dieselben Verhältnisse vor wie bei den losgelösten Lamellen der Agaricineen, und man kann die Prüfungen in der gleichen Art vornehmen, wie dies auf Seite 26 beschrieben wurde. Die Fruchtkörper wurden in allen nur möglichen Ebenen aufgestellt neben einer Etage aus schwarzem Papier unter einem entsprechend großen Glaszylinder. Es ergab sich hier dasselbe Resultat, wie bei den Lamellenversuchen, daß nämlich die Sporen nur dann verbreitet werden, wenn das Hymenium sich auf der Unterseite in wagerechten bis senkrechten Ebenen befindet, also immer dann, wenn die in der Richtung der Schwerkraft abfallenden Sporen in einen darunter befindlichen freien Luftraum gelangen. Wenn man sich eine ebene Fläche, auf der sich einseitig das Hymenium befindet, an einer Längskante drehbar befestigt denkt, sodaß demselben durch Drehung um die feste Achse jede mögliche Lage erteilt werden kann, so zeigt es sich, daß genau in der Hälfte aller denkbaren Lagen die Sporen verbreitet werden können und zwar entweder in der rechten oder in der linken Hälfte des durch eine lotrechte Ebene geteilten kreisförmigen Raumes. Die glatte Anordnung des Hymeniums

¹⁾ Geprüft wurde *Corticium cinerum* Pers., das auf der Rinde verschiedener Laubhölzer vorkommt.

bietet somit den Vorteil, daß in der Hälfte aller nur möglichen Lagen im Raume eine Sporenverbreitung erfolgen kann, falls unter dem Hymenium ein genügend hoher freier Fallraum vorhanden ist. Sie hat aber den Nachteil, daß auf einer verhältnismäßig großen Fläche nur wenige Sporen gebildet werden können, sodaß das Hymenium gezwungen ist, sich offen über weite Flächen zu verbreiten, wie wir dies auch bei den *Stereum*-formen in der Natur stets beobachten. Auf kleineren Zweigen überziehen sie in resupinater Form die Unterseite und steigen beiderseitig genau bis zur Hälfte des kreisförmigen Umfanges empor. An dieser äußersten Kante, an der ein Anfallen der Sporen in einen freien Raum noch möglich ist, wird der Fruchtkörper selbständig und wächst beiderseitig in genau wagerechter Lage, sei es in unregelmäßigen Leisten oder in hutartigen Formen weiter. Das auf der Unterseite wagerechter Flächen befindliche Hymenium mit den direkt nach unten gekehrten Basidien kann seine Sporen natürlich am besten herunterfallen lassen und ist auch ohne Fruchtkörper zugleich gegen Regen etc. geschützt. An Baumstämmen und größeren Holzteilen, die meist nur wagerechte, d. h. seitliche Flächen besitzen, treten die Fruchtkörper gewöhnlich nur in ihrer selbständigen Form auf, meist viele etagenförmig übereinander gestellt, aber stets so weit voneinander entfernt, daß die Sporenverbreitung ungehindert stattfindet, ähnlich wie in Fig. 5 auf Taf. IV. In dieser etagenförmigen Anordnung an seitlichen Flächen ist die größtmögliche Verbreiterung der Hymeniumfläche in einem begrenzten Raum bei ungehinderter Sporenverbreitung am besten realisiert. Die Entstehung der Fruchtkörper grade an den Seitenflächen, eventuell an der freiliegenden Unterseite dürfte durch Einstellung auf eine bestimmte Lichtintensität, die weitere Ausbildung der selbständigen Fruchtkörper in wagerechten Ebenen aber durch plagiotrope Einstellung auf den Schwerkraftsreiz herbeigeführt werden. So kann es vorkommen, daß sich ein Fruchtkörper unter dem Einflusse einer gewissen Lichtwirkung auch auf der Oberseite horizontaler Flächen ausbildet, wo der stiellose Fruchtkörper nicht befähigt ist, die Sporen zu verbreiten. Hier liegen auch schon Beobachtungen von Sachs¹⁾ vor, daß solche Fruchtkörper, die, wie wir jetzt wissen, ihre Sporen doch nicht verbreiten können, überhaupt kein Hymenium ausbilden. Auch Goebel²⁾ ist das merkwürdige Verhalten der Fruchtkörper von *Stereum* aufgefallen, und er hat Beobachtungen über ihre abweichende Ausbildung in den verschiedenen Lagen mitgeteilt.

1) Sachs, Über orthotrope und plagiotrope Pflanzenteile. Arbeit aus dem botanischen Institut in Würzburg, 2. Bd., S. 252. Sachs fand Telephoreen auf einer Holzwalze. Die auf der Oberseite liegenden Fruchtkörper hatten aber kein Hymenium entwickelt, dasselbe trat nur auf der freien Unterseite der horizontal abstehenden Hüte auf.

2) Goebel beschreibt das Verhalten von *Stereum hirsutum*, welches er auf einem Erlentamm beobachtete, Flora 1902, S. 471: Es sei hier besonders auf das auf Seite 475 gegebene Schema hingewiesen. Goebel nimmt an, daß die verschiedene Intensität der Beleuchtung die verschiedenartigen Ausbildungen in den verschiedenen Lagen herbeiführt.

Es gibt aber nur wenige Formen unter den Basidiomyceten, welche ein glattes Hymenium besitzen. Jede Basidie bildet nur vier Sporen, und wenn sie auch noch so eng nebeneinandergestellt sind, so können auf der verhältnismäßig großen Fläche eines mit großem Materialaufwande gebauten Fruchtkörpers doch nur wenig Sporen gebildet und verbreitet werden. Es ist deshalb bei der Ausbildung der Fruchtkörper das Bestreben vorhanden, die basidentragende Oberfläche weiter zu vergrößern und so die Zahl der Sporen, welche auf einer bestimmten Fläche, „verbreitbar“ gebildet werden können, zu vermehren. Alle Möglichkeiten, die zu einer solchen Vergrößerung der Oberfläche führen, finden wir nun in der Ausbildung der Hymenophore bei den verschiedenen Pilzformen in solcher Vollendung und Regelmäßigkeit realisiert, daß die letzteren die wichtigsten Merkmale für die Charakteristik und Unterscheidung der größeren Familien abgeben.

Die einfachste Art, die Oberfläche zu vergrößern, besteht in dem leistenförmigen Hervortreten der hymeniumtragenden Fläche, wie es wohl am schönsten bei den Fruchtkörpern von *Merulius lacrymans* zu sehen ist. Die Figur 3 der Tafel IV ist die Photographie eines kleinen Fruchtkörpers, dessen wulstartige Versprünge zum Teil noch in der Entwicklung begriffen sind und uns zeigen, wie hier in primitivster Art die Oberfläche des Hymeniums vergrößert wird. Die meisten Basidien sind nun aber an den Innenflächen der leistenförmigen Vorsprünge in wagerechter Lage angeordnet, und wir wissen ja schon, daß bei dieser Stellung die auf langen feinen Sterigmen über die Fläche emporgetragenen Sporen ebensogut nach unten abfallen und sich verbreiten können, wie die an senkrecht nach unten gestellten Basidien gebildeten Sporen. Bei solcher Anordnung der Basidien kann aber der Fruchtkörper selbst seine wagerechte Stellung nach Richtung der senkrechten hin nicht mehr beliebig verändern, da sonst die meisten abfallenden Sporen auf das gegenüberliegende Hymenium fallen und ihre Verbreitung einbüßen würden. Wir können schon hier den Satz ableiten, daß bei einer Vergrößerung der hymeniumtragenden Fläche durch Ausbildung von Leisten etc. der Fruchtkörper sich normal nur noch in einer Ebene — der wagerechten —, die senkrecht verläuft, zur Fallrichtung der Sporen (mit nach unten gerichtetem Hymenium) entwickeln kann, um die Sporen verbreiten zu können.

Die Pilze mit dergestalt differenzierten hymenialen Flächen sind also gezwungen, ihre Fruchtkörper immer nur auf der freiliegenden Unterseite flächenförmiger Körper auszubilden. Es ist nun interessant zu verfolgen, wie z. B. die Fruchtkörper von *Merulius* ihre charakteristische Differenzierung in der Tat nur in dieser Lage erhalten, wie schon ihre Anlage deshalb an solchen Stellen in der Natur vorzugsweise erfolgt, und wie die Gestaltung der hymeniumtragenden Fläche bei Veränderung dieser räumlichen Lagerung entsprechende Abänderungen erfährt, die immer darauf hinzielen, daß die Sporenverbreitung ermöglicht wird. Der botanische Garten in Breslau ist an seiner Südseite eine Strecke von vielen Metern weit von einem Holzzaun begrenzt, der in der ganzen Ausdehnung vom Hausschwammmycel befallen

ist. Im Spätherbst feuchter Jahre treten im ganzen Verlaufe des Zaunes die Fruchtkörper des Pilzes auf. Der Ort ihrer Bildung ist ausnahmslos derselbe, da wo ein viereckiger Querbalken, der die Bretter zusammenhält, eine nach unten gekehrte wagrechte ebene Fläche darbietet, und von hier aus verbreiten sich Fruchtkörper noch eine Strecke weit nach unten auf die senkrechten Brettflächen, wie dies die Photographie eines Abschnittes des Zaunes im Bilde 1 auf Tafel IV veranschaulicht. Wenn wir hier nun einen Fruchtkörper vorsichtig ablösen und ihn näher besehen, — siehe Tafel IV Fig. 2 — dann finden wir nur diejenigen Teile des Fruchtkörpers mit weit vorstehenden Leisten normal ausgebildet, die auf der wagrechten Unterseite des Balkens angewachsen waren, dagegen tragen die senkrecht gebildeten Häute ein flaches Hymenium, auf dem die Leisten nur noch in den Umrissen zu erkennen sind¹⁾, sodaß auch hier die Sporen von den meisten Basidien herunterfallen und verbreitet werden können. Damit die Fruchtkörper sich nun immer an solchen Stellen bilden können, die eine normale Ausgestaltung des Hymeniums zulassen, haben sich die fruktifizierenden Mycelien offenbar so eingestellt, daß eine gewisse Lichtintensität, wie sie an Orten mit dauern-dem Schatten, also an den Unterseiten freiliegender Körper, vorherrscht, als auslösender Reiz für die Fruchtkörperbildung wirksam ist, wie bei *Stereum*. In der freien Natur wird die für diese Fruchtkörperbildung maßgebende Einstellung den Pilz stets richtig orientieren; in den Bauten wird sie des öfteren versagen, dort wird z. B. in dunklen Lagerräumen dauernder Schatten auch an der Oberfläche des Holzwerks vorhanden sein und die Bildung des Fruchtkörpers veranlassen²⁾. An einem solchen Orte fand ich einen großen kreisrunden Fruchtkörper, der auf der Oberseite ein reguläres Hymenium ausgebildet hatte, das die Sporen natürlich nicht verbreiten kann. Anstatt der Falten bildeten sich hier aber kleine warzenartige oder krause Erhöhungen aus, die das Hymenium tragen — Fig. 4 Tafel IV. — Ein solcher Fruchtkörper ist nun kaum noch zu unterscheiden von *Coniophora cerebella* Alb. et Schwein., einem ebenfalls holzerstörenden resupinaten Basidiomyceten, welcher die hymeniale Fläche regulär durch kleine Vorwölbungen erweitert. Fig. 6 Tafel IV. *Coniophora* findet man aber auch in der freien Natur schon oft auf der Oberfläche des höckrigen Erdbodens, und wenn man von dem Pilz befallenes Holz dicht unter die Erdoberfläche legt, dann kann man die Fruktifikation des Pilzes leicht auf der Oberfläche des Erd-

¹⁾ Schon hier sind die sekundären Ausgliederungen der Hymenophore auf den Schwerkräftsreiz positiv eingestellt und bilden sich nur unter seiner Einwirkung normal aus, während die primären glatten Hymenienträger sich in beliebigen Lagen, also unabhängig von der Schwerkraft, entwickeln.

²⁾ In Reinkulturen erfolgte normale Fruchtkörperbildung von *Meruleus* in weithalsigen, mit Nähr-Agar gefüllten Kölbchen, die am 4. August geimpft wurden, bereits am 30. Oktober meist an den Stellen, wo das aufgeklebte Etikett den Schatten im Innern herbeiführte. Hier bildeten sich die Falten auch in senkrechter Lage und richteten sich dann auch nach unten; selbst auf der Oberseite fanden sich oftmals normale Falten.

bodens künstlich herbeiführen. Hier vermag sich der Pilz allen Unebenheiten anzuschmiegen, und es entstehen senkrechte Flächen von solcher Tiefe, daß nun die Sporenverbreitung auch von der Oberfläche her erfolgen kann. Die Luftströmungen, die von der Erdoberfläche ausgehen, und zugleich die von den Fruchtkörpern selbst gebildeten, erfassen die Sporen, bevor sie den Boden berührt haben. Wenn wir diese Entwicklungsrichtung hier noch gleich verfolgen, dann ist es unschwer, an *Coniophora* die auf der Erde wachsenden Formen der Gattung *Telephora* anzuschließen, von denen *T. terrestris* und *laciniata* sich in Lamellen, *T. palmata* aber bereits auf einem Stiele so weit von der Oberfläche erheben, daß die vorzugsweise in den oberen Teilen gebildeten Basidiensporen selbsttätig verbreitet werden. In den Clavarien erreicht dann diese Entwicklungsrichtung ihren Höhepunkt¹⁾.

Die auf ebenen Flächen wachsenden Fruchtkörper von *Coniophora* können, wie Versuche ergeben, ihre Sporen noch verbreiten, wenn das Hymenium sich auf einer beliebig gerichteten Unterseite oder an den Seitenflächen entwickelt, etwa wie *Stereum*. Werden aber die warzenartigen Hymenophoren größer, dichter und gleichmäßiger, stachelartig oder kammförmig wie bei den Formen der Hydnaceen, dann können sie sich nur noch an der Unterseite einer mehr oder weniger wagerecht gestellten Fläche ausbilden; und wenn von ganz regelmäßig gebildeten Stacheln oder Kämme alle Sporen frei herunterfallen sollen, dann müssen diese sekundären Ausgliederungen genau lotrecht angeordnet sein. Es kann hieraus der Satz abgeleitet werden, daß alle als Stacheln, Kämme, Poren und Lamellen differenzierten Hymenophore stets streng positiv orthotrop-geotropisch eingestellt sein müssen.

Wenn die unregelmäßigen Hymenophore eines in normaler Lage gewachsenen Fruchtkörpers von *Merulius* — Tafel IV Fig. 3 — seitlich etwas regelmäßiger miteinander verwachsen, dann bilden sie gewundene Gänge oder röhrenförmige Erhebungen, wie sie die große Familie der Polyporeen charakterisieren. Die einfachsten Formen sind auch hier resupinat und vermögen, soviel man bis jetzt wußte, keine selbständigen Fruchtkörper zu bilden. Resupinate Arten gibt es in der Gattung *Hydnum* aus der Familie der Stachelpilze, in der Gattung *Polyporus* unter den Röhrenpilzen, und in meinen Basidiomycetenreinkulturen habe ich aus einer oidienartigen Nebenfruchtform einen Pilz kultiviert, der direkt auf dem Substrat in Lamellen fruktifiziert. Die bei uns häufigen resupinaten Polyporeen mit rein weißen Poren gehören wohl meist zu *Polyporus vaporarius* Pers., der ebenso häufig wie *Merulius* vorzugsweise auf bearbeiteten Hölzern auftritt, die ja in ihrer künstlichen Lagerung am ehesten die notwendigen nach unten gerichteten Flächen für ein resupinates Wachstum darbieten. Ich habe diesen Pilz

¹⁾ Geprüft wurden *Clavaria flava* Schaeff. und *Sparassis ramosa* Schaeff. und festgestellt, daß sie ihre Sporen ebenso wie die Hutpilze verbreiten.

ebenso wie den *Merulius lacrymans* seit einigen Jahren auf kleinen viereckigen Klötzchen der verschiedenen Hölzer kultiviert. (Reinkulturen aus den Basidiensporen.) Da in jeder Kultur nach bestimmter Zeit die Fruktifikation eintritt, konnte die verschiedene Fruchtkörperbildung in den verschiedenen Lagen studiert werden. Die normale Ausbildung der Röhren erfolgt, wie abgeleitet, nur auf der Unterseite des hohl gelegten Substrates, Fig. 5 u. 6 Tafel V¹). Die Fruchtkörperbildung an den senkrechten Seitenflächen der Klötzchen zeigt die Figur 7, und wir sehen, wie die Röhren nicht mehr senkrecht der Fläche des Fruchtkörpers aufsitzen, sondern, der Einwirkung der Schwerkraft folgend, parallel zu ihr verlaufen. Hier ist es besonders deutlich, wie die Hymenophore in ihrer Orientierung im Raum unabhängig vom Fruchtkörper sind und sich stets in die Richtung der Schwerkraft stellen, damit die Sporen aus ihnen herausfallen können. Die seitlich verlaufenden Röhren sind außerdem lang gestreckt und nach außen zumeist offen, sie bilden hier ein ziemlich ebenes Hymenium, das in solcher Orientierung die Sporen ebenfalls verbreiten kann. Indem so lange Röhren nebeneinander gebildet werden, entstehen primitive konsolenartige Fruchtkörper, wie sie in ähnlicher Art häufig angetroffen werden. Aber auch auf der Oberfläche kann wie bei *Merulius* unter den abnormen Bedingungen in geschlossenen Kulturen ein Fruchtkörper zur Ausbildung gelangen; einen solchen zeigt die Photographie 8 aus einer vier Monate alten Holzkultur. Die Hymenophore werden *Daedalea* ähnlich und wachsen hier, wenn sie ungestört stehen bleiben, blätterartig weiter nach oben, sodaß die Bildungen wie zwerghafte Sparassisfruchtkörper aussehen. In der feuchten Luft der Kulturgefäße wachsen die Hymenien nachträglich vegetativ aus und füllen die Höhlungen von unten her aus, wodurch schließlich dicke Mycelpolster entstehen.

Am interessantesten ist aber das Verhalten einer anderen Polyporeenart, die, wie ich glaube, den *Polyporus hirsutus* Wulff., den *Polyporus adustus* Fr. und *Daedalea unicolor* Bull.²), alle mit eigentümlich grauen Röhren, in sich vereinigt und die, ähnlich wie *Stereum*, neben der resupinaten Form noch selbständige über das Substrat hinauswachsende, dorsiventral gebaute Fruchtkörper ausbildet. Die Vielgestaltigkeit, in der dieser Pilz auftreten kann, läßt sich auch hier nur verständlich machen, wenn wir die Wertungen der Basidie im Auge behalten.

1. Wenn man das von diesem Pilz befallene Holz in beliebige Stücke spaltet, dann kann nach einiger Zeit unter den geeigneten Bedingungen auf jedem beliebigen Teilstück Fruchtkörperbildung erfolgen, doch nur die

¹) Wenn man den Fruchtkörper mit dem Messer entfernt und das Substrat in die ursprüngliche Lage zurückbringt, dann erscheinen die Röhren an derselben Stelle in kurzem von neuem direkt auf dem Substrat aber in labyrinthartiger Anordnung ähnlich wie bei *Daedalea* (Fig. 6 Tafel V).

²) Schroeter hat bereits darauf hingewiesen, daß *Polyporus hirsutus* und *Daedalea unicolor* vielleicht zusammengehören.

resupinate Form. Die Röhren bilden sich auf einer ganz dünnen Mycelhaut, oft auch unmittelbar auf dem pilzdurchwachsenen Holze. Sie bilden sich aber nur auf der Unterseite, sehr selten an senkrechten Flächen mit langgestreckten, zum Teil offenen Röhren wie in Figur 6. Solche in künstlicher Kultur ebenso leicht wie im Freien zu beobachtende Fruchtkörper auf der Unterseite des gespaltenen Holzes zeigt die Fig. 2 der Tafel V. Hier verlaufen sie ohne Umgrenzung auf der ganzen Fläche mit sehr flachen grauen Röhren, die bei hohler Lage sogleich keimfähige Sporen in großen Mengen in den Raum verbreiten. Fig. 3, im Freien gewachsen, zeigt die Fruchtkörper in kleinster, aber begrenzter Form mit einem strahligen Mycelhof und bedeutend längeren Röhren, Fig. 4 denselben Bildungstypus auf einem schief nach unten gelagerten Brett, sodaß die Röhren fast parallel zum Fruchtkörper und zum Teil langgestreckt verlaufen wie in Figur 6.

2. An den senkrechten Flächen lebender Bäume, an Baumstümpfen oder an größeren berindeten und einseitig in die Erde gestellten mit dem Pilze infizierten Holzklötzchen entsteht die Konsolenform, wie wir sie bei vielen stiellosen Polyporeenfruchtkörpern so häufig antreffen. Fig. 1 Tafel VI zeigt diese Fruchtkörper in der Aufsicht an den Vertikalflächen eines Baumstumpfes.

3. Dieser Pilz vermag nun auch auf der Oberseite ebener Flächen, hier auf dem Baumstumpfe — Fig. 1 derselben Tafel — Fruchtkörper zu bilden, die ihre Sporen in den Raum verbreiten können. Wir sehen auf dem Bilde, wie der Pilz dies ermöglicht. Er bildet zunächst formlose Mycelpolster, und aus diesen differenzieren sich — vorn im Bilde sichtbar — kleine dorsiventral gebaute muschelförmige Gebilde, die sich durch Wachstum am Rande vergrößern und bald ohr- bald trichterförmig auswachsen. An demselben Bildungsorte, auf gleichem Substrat läßt derselbe Pilz seine gleichzeitig gebildeten Fruchtkörper an senkrechten Flächen genau horizontal, auf wagerechten schräg nach oben wachsen, sodaß in jedem Falle die Basidien so gelagert sind, daß ihre Sporen verbreitet werden können.

In welcher Art auch der Pilz diese verschiedene Einstellung herbeiführt, wir sehen hier besonders deutlich, daß Sinn und Ursache der verschiedenen Fruchtkörperbildungen bei den Basidiomyceten sich nur aus den physiologischen und biologischen Wertungen ergeben, welche den Organen zugrunde liegen. Nicht der Stoff bedingt die Form und nicht die Kraft die Funktion der Lebewesen, vielmehr sind beide nur die Hilfsmittel, deren sich der Organismus je nach Umständen bedient, um seine Wertungen zu realisieren.

Wir sehen aber an diesem Beispiele zugleich auch, wie schwierig es für einen solchen Pilz sein muß, unter den so wenig differenten Verhältnissen die verschiedene Einstellung herbeizuführen, um sein röhrenförmiges Hymenium stets richtig zu lagern. Derselbe Schwerkraftsreiz muß die Hymenophore in der Richtung nach unten (positiv-orthotrop), die übrige Fruchtkörpersubstanz

an den Seitenflächen horizontal (plagiotrop), an der Oberfläche schief nach oben richten; vielleicht sind auch noch die Basidien plagiotrop¹⁾.

Da die meisten Pilze auf der Erde leben, woselbst sich nur Oberflächen darbieten, müssen sie danach streben, ihre Hymenophore vom Substrat ganz unabhängig zu machen und es selbst soweit in die Höhe zu heben, daß die Sporen die nötige Fallhöhe erhalten: dazu bilden sie ein neues Organ, den Stiel. Dieser ist, wie Sachs (l. c.) bereits festgestellt hat, negativ geotropisch eingestellt, wodurch er sich selbst stets aufrecht und den rechtwinkelig aufgesetzten Hut horizontal stellt. Die so durch den Stiel bedingte Unabhängigkeit des Pilzes von den zur Befestigung der Fruchtkörper geeigneten Flächen demonstriert das biologische Bild Fig. 1 Tafel IV. In dem Holz des Zaunes lebt außer dem *Merulius*-Mycel dasjenige von *Naucoria amara* Bull. Während der *Merulius*fruchtkörper nur an der Unterseite des Querbalkens wachsend seine Sporen verbreiten kann, ist der Hutpilz an jeder beliebigen Stelle dazu befähigt. Die Bildung erfolgt hier an der Oberseite des Querbalkens, dort, wo ein aufgelegter Ziegelstein eine feste Verankerung ermöglicht. Der gestielte Pilz verliert aber die Fähigkeit, die vorteilhafte versteckte Lage der Unterseite des Querbalkens auszunutzen. Dies kann uns zeigen, daß ein weniger differenzierter Pilz seinen speziellen Lebensbedingungen vollkommener angepaßt ist (und auch später entstanden sein kann) als ein beliebig höher organisierter und daß höher und niedriger stehende Lebewesen sich in ihren Fähigkeiten vorteilhaft ergänzen.

Ein Stiel kann aber nur einen räumlich sehr begrenzten Fruchtkörper emporheben. Er wird zentral am sichersten getragen, und damit er sich allseitig im Gleichgewicht befindet, wird die runde Gestalt die zweckmäßigste sein. Die Vergrößerung der hymenialen Fläche auf dem gegebenen beschränkten Raum, doch so, daß jede Spore frei nach unten abfallen kann, führt mit Notwendigkeit zu den Formgestaltungen, die wir in den gestielten Blättern, Röhren- und Stachelpilzen in der Natur in größter Vollkommenheit ausgebildet sehen. Die Bildung der Oberhaut als Regen- und Wärmeschutz ist ohne weiteres verständlich, ebenso ist die biologische Bedeutung der Markscheiden als Isolations- und Nährgewebe bereits besprochen worden.

Die Fruchtkörperbildung bei den Basidiomyceten liegt somit als ein sinnvolles organisches Geschehen²⁾ in allen Einzelheiten klar vor unseren Augen.

¹⁾ Leider bildet der Pilz diese Fruchtkörper nur an natürlichen stabilen Standorten, in der Kultur erhielt ich stets die resupinate Form. Grade dieser Pilz würde zu Versuchen über die verschiedene Einwirkung des Schwerkraftsreizes besonders geeignet sein.

²⁾ Ihre Form ist der zweckmäßigste Ausdruck für ihre Funktion, die Funktion die sinnvolle Betätigung für ihre Lebensaufgabe. Was uns hier sinnvoll und zweckmäßig erscheint, braucht aber nicht vorausgewollt und zielstrebig entstanden sein. Da jedes Organ mit dem Gesamtorganismus in direkten Beziehungen steht, die uns am besten aus den Correlationserscheinungen bekannt geworden sind, so kann die weitere Ausgestaltung vielgebrauchter Organe im Sinne der in ihnen schon vorhandenen physiologischen und biologischen Wertungen als die Folge von rein kausal verlaufenden Reaktionen und Einstellungen gedacht werden.

Sie erfolgt fortschreitend in der einzigen Richtung, die Wertungen, die in der Basidie geschaffen sind, immer vollkommener zur Betätigung zu bringen. Diese müssen deshalb auch als die wahren Ursachen der neuen Differenzierungen angesprochen werden.

Die sogenannten Hutpilze sind diejenigen Organe der Basidiomyceten, die lediglich die Funktionen haben:

1. möglichst vielen Basidien selbständig die für die Bildung von Fallsporen zweckmäßigste Anordnung und Lagerung im Raum zu erteilen und
2. Luftströmungen zu erzeugen, die eine selbsttätige Weiterverbreitung der Fallsporen in den umgebenden Luftraum herbeiführen¹⁾.

Die ökogenetische Weiterentwicklung der Basidiomyceten-Fruchtkörper und der Wertverlust der Basidie.

Die Untersuchungen in dem Kapitel über den biologischen Wert der Basidie zeigen uns, daß die verschiedene typische Organisation der Fruktifikationsorgane bei den Pilzen nur durch die verschiedenen Lebensverhältnisse bedingt erscheint, unter denen die Sporenverbreitung erfolgen muß. Die höchsten Pilze, die Basidiomyceten, welche den kompliziertesten Sporenverbreitungsapparat bilden, gehen auf die einfachste Oidienbildung zurück, sofern sie unter den entsprechend veränderten Lebensbedingungen existieren. Auch diejenigen Abweichungen in der Gestaltung, die innerhalb der verschiedenen Typen auffällig hervortreten, lassen sich wieder auf ganz besondere Lebensverhältnisse zurückführen, wie dies für *Sporidinia grandis* (l. c.) und für *Collybia tuberosa* (l. c.) bereits geschehen ist.

Wenn wir nun eine im Laufe der Entwicklung entstandene und erblich fixierte funktionelle und gestaltliche Einstellung auf ganz bestimmte Lebensbedingungen als Anpassung bezeichnen, dann erweist sich jede charakteristische Funktion und Gestalt als ein zweckmäßiger und natürlicher Anpassungsausdruck, und es repräsentiert dann gleichsam jede Pilzart in den Charakteren der Gattung ererbtes, in denen der Art selbsterworbenes organisches Geschehen.

Gibt es aber bei den Pilzen keine anderen als Anpassungscharaktere, dann kann es auch keine andere Entwicklungsrichtung geben als die durch Anpassungsvorgänge hervorgerufene. Wenn wir eine lebendige Substanz voraussetzen, welche die Eigenschaft besitzt, mit den Kräften der Aussenwelt (etwa wie eine brennende Substanz, aber ohne sich zu ver-

¹⁾ Ausser den in der Arbeit bereits genannten Formen ist die selbsttätige Sporenverbreitung noch bei folgenden Arten konstatiert worden: *Hydnum imbricatum* L., *Polyporus versicolor* L., *Polyporus zonatus* Fr., *Polyporus hispidus* Fr., *Lenzites saepiarum* Wulf., *Boletus scaber* Bull., *Boletus subtomentosus* L., *Boletus bovinus* L., *Lentinus squamosus* Schaeff., *Cantharellus cibarius* Fr., *Marasmius alliatus* Schaeff., *Gomphidius glutinosus* Schaeff., *Lactaria deliciosa* L., *Russula cmetica* Schaeff., *Derminus tener* Schaeff., *Amanita umbrina* Pers., *Naucoria amara* Bull., *Tricholoma equestre* L., *Armillaria mellea* Fl. Dan., *Collybia velutipes* Curt., *Lepiota mucida* Schrad.

zehren)¹⁾ im Sinne ihrer stetigen Vermehrung in Reaktion zu treten²⁾ und die durch die Reaktion allmählich gezeitigten Einstellungen zu fixieren und zu vererben, dann fragt es sich, ob die Fortschritte in der Organisation der Basidiomyceten lediglich durch solche Anpassungsvorgänge erklärt werden können.

Im vorigen Kapitel haben wir bereits gesehen, wie neue zweckmäßige Anpassungszustände entstehen, indem ein neues Organ, die Basidie, die Ausbildung weiterer Organe zur Folge hat, bis die in ihr vorhandenen Wertungen in den Formen der Hutpilze zum vollkommensten Ausdruck gelangt sind, — doch ist hiermit der Abschluß in der Entwicklung der Basidiomyceten noch nicht erreicht.

In allen systematischen Werken finden wir als letzte Abteilung unter den Basydiomyceten eine große Anzahl von Formen, die ihre Hymenien nicht mehr frei an der Luft ausbreiten und ihre Sporen nicht mehr in der beschriebenen Art verbreiten, bei denen die Basidie also ihre alten Wertungen verloren hat. Dies sind die Familien I. der Phalloideen, der Hymenogastreen, der Sclerodermaceen und Tylostomeen und II. der Lycoperdaceen, die alle auch als Gasteromyceten zusammengefaßt werden. Um auch diesen Wertverlust der Basidien zu verstehen und damit den natürlichen Abschluß unserer Untersuchungen zu erreichen, ist es nun noch erforderlich, die Hutpilze auf ihrem letzten Entwicklungsgange im Sinne der obigen Fragestellung (des dritten Absatzes) zu verfolgen.

Mit der Entwicklung der Hutpilzformen sind zwei neue Organbildungen entstanden:

- I. Die nährstoffführenden Gewebe, welche die Wärmebildung herbeiführen,
- II. die differenzierten Hymenophore, auf denen die Basidien in größter Anzahl auf engstem Raume zusammen angeordnet werden.

A. In diesen Neubildungen ist nun die Befähigung zu neuen Einstellungen enthalten mit den bereits vorhandenen Kräften der Umgebung, und sie werden so die Veranlassung zu weiteren Anpassungsvorgängen.

ad I. Die Aufspeicherung von Nährstoffen, welche der Verbrennung dienen, hat zur Folge, daß sich Tiere einfinden, welche den nährstoffführenden Geweben nachstellen. Das lebendige Protoplasma der Pilze ist von jetzt ab genötigt, mit den Tieren in Reaktion zu treten. Die Reaktion

¹⁾ Jeder Lebensvorgang ist mit einem Verbrennungsprozeß (Atmung) verbunden; doch läuft gleichzeitig stets eine Reduktion (Assimilation) nebenher, die in allen Fällen mehr Energie und Stoffe binden kann, als die Oxydation entläßt; daher tritt kein dauernder Gleichgewichtszustand ein, sondern eine Weiterentwicklung. (Perpetuum mobile.)

²⁾ Die Überzeugung von der Fähigkeit des lebendigen Protoplasmas der Pflanzen, mit den Kräften der Umgebung, den Schwerkrafts-, Licht- etc. Reizen zweckmäßig zu reagieren, ist soweit durchgedrungen, daß soeben auf dem Naturforschertage in Breslau von Haberland verkündet wurde, daß auch die Pflanzen „Sinnesorgane“ besäßen! Das Protoplasma beliebiger Zellen besitzt nämlich die Fähigkeit, Reize zu percipieren und im Sinne einer Einstellung zu reagieren.

erfolgt aber stets im Sinne ihrer Erhaltung und Weiterentwicklung, und so kommen folgende Einstellungen zustande:

1. Der Angriff der Tiere ist der Erhaltung der Art schädlich. Hier bildet der Pilz Giftstoffe, welche speziell gegen diese schädigenden Tiere gerichtet sind ¹⁾.

2. Die Tiere werden der Verbreitung der Art nützlich. Dies kann in zwiefacher Art geschehen.

2a. Insektenmaden. Indem diese sich in den nährstoffreichen Geweben entwickeln, führen sie eine erhöhte Wärmebildung herbei und begünstigen dadurch die weitere Verbreitung der Sporen. Die gegenseitige Einstellung erfolgt deshalb dahin, daß diese Pilze, wie wir gesehen haben, ihre nährstoffführenden Gewebe vermehren, während die Tiere sich für den Befall der jungen Fruchtkörper besonders organisieren. Das Resultat dieser Einstellungen ist wieder ein zweckmäßig erscheinender Anpassungszustand.

2b. Die Pilze werden zwar von Tieren ganz gefressen, aber die Sporen passieren den Tierleib ungeschädigt und erfahren auf diesem Wege durch die Tiere eine bessere Verbreitung als durch den Mechanismus der Hutpilze. In diesem Falle ist die Ausbildung des Hymeniums in der charakteristischen Art nicht mehr notwendig, und die Wertungen der Basidie kommen nicht mehr zur Geltung. So beginnt die Entwicklung nach Richtung der Hymenogastraceen und Sclerodermaceen. Die Fruchtkörper bleiben geschlossen, die Sporen werden auf den beliebig gestellten Basidien meist zu mehreren ausgebildet, die nährstoffführenden Gewebe aber bleiben bestehen. Unter den Secotiaceen sind in der Gattung *Gyrofragmium* noch Übergangsformen von den Agaricineen, in der Gattung *Polyplocium* solche von den Polyporeen erhalten geblieben. Der Stiel wird zur Columella, die Lamellen zu Trampelplatten etc. Bei den Hysterangiaceen sind die Trampelplatten noch strahlig, die Columella noch zum Teil vorhanden, während bei den Hymenogastraceen beides nicht mehr zutrifft. Die Fruchtkörper treten bei diesen Formen schließlich überhaupt nicht über die Erdoberfläche hervor, indem sie (durch Ausbildung besonderer Riechstoffe etc.) sich nur noch von denjenigen Tieren finden lassen, welche die Verbreitung am besten besorgen. Bestimmte Pilze, die am besten durch Tiere verbreitet werden, und bestimmte Tiere, die sich von den Pilzen gut ernähren können, stellen sich im Laufe der Entwicklung immer mehr aufeinander ein, und so kommen weitgehende Anpassungszustände zustande.

Während hier zumeist eine Anpassung an Säugetiere vorliegt, ist in der Familie der Phalloideen unzweifelhaft eine solche an bestimmte Insekten erfolgt, die durch auffällige Farbe und intensive Gerüche angelockt werden und die Sporen verschleppen.

ad II. Die Ausbildung der auf einen bestimmten Raum zusammengehäuften Sporen Mengen bietet andererseits für ihre Verbreitung durch den Wind ganz

¹⁾ Die Giftstoffe der Pilze sind nur den Säugetieren, nicht aber z. B. den Maden gefährlich.

besondere Vorteile dar. Die Hutpilze sind, besonders wo sie aus dem Walde heraustreten, den Strömungen des Windes ausgesetzt, und Formen, wie *Gyrofragmium*, die sich bereits in dem Stadium des Überganges befanden, mögen für die Einstellung auf diese Kraft die erforderliche Reaktionsfähigkeit besessen haben. So entsteht die Familie der *Lycoperdaceen*, bei denen die zusammengehäuften Basidiensporen in verstäubbarer Form dem Winde dargeboten werden. Bis zu welcher Vollkommenheit auch nach dieser Richtung hin die Organisation für die Verbreitung durch den Wind vorgeschritten ist, das soll uns *Lycoperdon pyriforme* im Bilde 6 auf Tafel II zeigen. Dieser Pilz kommt an offenen Waldstellen vor und bietet im Reifezustand dem Winde eine breite faserige Fläche dar, die einen schier unerschöpflichen Sporenvorrat beherbergt. Die Verteilung der Sporen in dem sogenannten *Capitulum* ist hier eine so vollkommene, daß der Wind monatelang herüberstreichen kann, ohne den Sporenreichtum zu erschöpfen. Wie großartig der Wind die Sporenverbreitung besorgt, davon kann man sich ein Bild machen, wenn man selbst andauernd herüberpustet und jedesmal die Staubwolken feinst verteilter Sporen davonfliegen sieht.

Wir sehen, wie in der Familie der *Gasteromyceten* die Basidie ihre Funktionen und Wertungen längst vollständig verloren hat und doch ihre Gestalt soweit bewahrt, sodaß kein Systematiker über die verwandtschaftlichen Beziehungen dieser Reihe im Zweifel war: Die Gestalt ist demnach das konservative Element in der Entwicklung und bleibt in den Organismen (wenn auch nur in der Ontogenese) soweit erhalten, daß die vergleichende Morphologie uns die Entwicklungsgeschichte und die Stammbäume der Lebewesen ableiten konnte. So erlangt die Gestalt noch historische Bedeutung, nachdem sie ihre Wertungen längst verloren hat.

B. Mit der Bildung der nährstoffreichen Hutpilze (I und II) ist aber auch ein neuer Komplex von Lebensbedingungen entstanden für die Ernährung der bereits vorhandenen Pilzformen.

Wie sich die *Zygomyceten* diesem neuen (?) Substrate im Walde anpassen, ist in meiner Arbeit über *Sporodinia grandis* (l. c.) dargelegt worden. Am interessantesten sind aber die Anpassungen, die dadurch zustande kommen, daß Vertreter der eignen Familie sich für das Leben auf den Fruchtkörpern ihrer nächsten Verwandten einstellen, wie das für *Collybien* und die Formen der Gattung *Nyctalis* zutrifft. Alle Neubildungen, die hier zustande gekommen sind, lassen sich bei diesen Pilzen unschwer auf die neuen Lebensbedingungen zurückführen¹⁾, mit denen sie in direkte Reaktion getreten sind.

¹⁾ Welche gewaltigen Einflüsse die Veränderung der Lebensbedingung auf die Fortschritte in der Organisation ausgeübt hat, beweist uns am besten die Paläontologie. Die großen Umwälzungen auf der Erde veranlaßten alle vorhandenen Organismen zu erneuten Anpassungsvorgängen und hatten deshalb eine neue Flora und Fauna im Gefolge.

Wenn wir nun das Bild von der Entwicklung der Basidiomyceten, wie es in unseren Vorstellungen entstanden ist, zu Ende führen, dann müssen wir noch kurz darauf eingehen, wie die Entstehung der Basidie selbst zu erklären ist. Da direkte Einwirkungen an dieser Stelle nicht in Betracht kommen können, tritt hier die Selektion in ihrer großen Bedeutung für die Entwicklung der zweckmäßigsten Organe in den Vordergrund. Wir müssen uns vorstellen, daß die Sporen derjenigen Conidienträger sich im Walde allein verbreitet haben, die zufällig eine basidienähnliche Gestalt besaßen und ihre Sporen deshalb mit Hilfe der feinsten Luftströmungen verbreiten konnten. In der von Brefeld entdeckten Nebenfruchtform des *Polyporus annosus* Fr. ist eine solche Conidienform mit allen Übergängen zur Basidie noch erhalten. Die Selektion geht jedenfalls von einem schon als Basidie wirksamen Conidienträger aus, wie er bei jeder Conidienfruktifikation gelegentlich vorkommen wird. Sie setzt andererseits voraus, daß das Plasma der allein verbreiteten Sporen ein gewisses Perzeptionsvermögen für diese bestimmte Eigenart ihres Conidienträgers allmählich gewinnt und imstande ist, die gewonnene Einstellung auf die Conidienträger zu übertragen, die das aus ihr entstandene Mycelium bildet.

Die Selektion, wie sie möglicherweise zur Ausbildung der Basidie geführt haben kann, ist somit ebenfalls ein Vorgang der Anpassung eines bestehenden Sporenverbreitungsorgans an die Lebensverhältnisse im Walde resp. in windstiller Luft, also auch die Basidie ein durch Anpassung entstandenes Organ. So ist die ganze Entwicklung der Basidiomycetenreihe auf Anpassungsvorgänge¹⁾ zurückzuführen, die ihrerseits nicht unerklärliche teleologische Prinzipien, sondern kausal verlaufende Reaktionen und Einstellungen zur Voraussetzung haben, genau so, wie wir uns die verschiedenen Erscheinungsformen der leblosen Materie als Reaktionsprodukte elementarster Stoffe entwicklungsgeschichtlich entstanden denken.

Die Bedeutung der Sporenverbreitung bei den Basidiomyceten im Haushalte der Natur und des Menschen.

Den Basidiomyceten fällt im Haushalte der Natur die wichtige Rolle zu, die von den grünen Pflanzen aufgebauten Holz- und Bastfasermassen wieder abzubauen, bevor sie humifizieren. Um dies vollbringen zu können, müssen die abgestorbenen Substrate möglichst frühzeitig von ihren Keimen befallen werden; deshalb verbreiten sie ihre Sporen im Herbst, um das Laub und die Zweige zu bestreuen, womöglich bevor sie von den Bäumen abfallen. Diese gelangen dann schon mit den Keimen behaftet auf den Waldboden, und wenn

¹⁾ Es kann und soll nicht Aufgabe dieser Abhandlung sein, zu den verschiedenen bekannten Theorien der Entstehung neuer Arten Stellung zu nehmen. Indem ich möglichst unbeeinflusst die Entwicklung der Basidiomycetenreihe nach den Gesichtspunkten abzuleiten versuchte, die sich im Gange der Untersuchungen von selbst ergaben, glaube ich zu Auffassungen gelangt zu sein, die dem Neolamarckismus, wie er besonders von Ritter von Wettstein vertreten wird, am nächsten kommen.

die herbstlichen Niederschläge sie durchfeuchten, dann können die Basidiomyceten sogleich ihre Lebenstätigkeit beginnen.

Die Basidiomyceten sind aber nicht bloß harmlose Bewohner des Waldbodens, sie vermögen auch die Holzmassen der lebenden Bäume anzugreifen und durch ihre Zerstörung das Ziel der Waldkulturen zu vernichten. Alle Krankheiten der Waldbäume, die mit der Zerstörung ihres Holzkörpers verbunden sind, beruhen auf der Lebenstätigkeit der Basidiomyceten, und da ist es von nicht geringer Bedeutung, zu wissen, auf welchem Wege die Infektion der Waldbäume erfolgt. Sie kann entweder an den Wurzeln, also im Erdboden stattfinden oder an den oberirdischen in der Luft befindlichen Achsen. Da aber im Boden Beschädigungen der Wurzeln, die den Eintritt der Infektionskeime gestatten, wohl selten vorkommen und die Sporen auch nicht in den Erdboden eindringen können, so wird die Infektion an den oberirdischen Pflanzenteilen wohl in erster Reihe in Betracht zu ziehen sein. Jeder Sturm, der die Zweige abbricht, schafft solche Infektionsstellen in unendlicher Zahl, und wenn wir nun sehen, wie die Sporen der Hutzpilze in die Luft emporsteigen und sie gleichmäßig erfüllen, so ist es eigentlich zu verwundern, daß nicht alle Bäume von den Pilzen vorzeitig befallen und zerstört werden. Daß dies in der Tat nicht geschieht, ist wohl darauf zurückzuführen, daß das Protoplasma lebenskräftiger Zellen das Eindringen der Keime verhindern kann und daß die Bäume sich oft in ganz besonderer Art, z. B. durch die Ausscheidung der Harze, gegen ihren Eintritt zu schützen wissen. Nichtsdestoweniger finden im Laufe der Jahre die Pilzsporen dennoch Eingang, und so fallen in älteren Holzbeständen schließlich alle Bäume den Pilzen zum Opfer. Die Beantwortung der Frage, wie die Infektion bei einer Krankheit erfolgt, eröffnet uns auch hier schon den Weg zu ihrer Bekämpfung. Die Infektionsstellen können wir bei den Bäumen nicht finden und verbinden, dagegen sind die auffälligen Fruchtkörper der besonders gefährlichen Pilze nicht zu übersehen. Wenn diese kurz vor Beginn¹⁾ der Sporenverbreitung umgestoßen werden, kann eine Sporenverbreitung nicht mehr erfolgen.

Eine ganz bedeutende wirtschaftliche Schädigung verursachen einige Formen der Basidiomyceten, welche das bearbeitete Bauholz angreifen und es in kurzer Zeit noch in den Häusern vollständig zerstören. Nach den bisherigen Erfahrungen kommen hier vorzugsweise zwei verschiedene Pilze in Betracht: der Hausschwamm *Merulius lacrymans* (Jacq.) und *Polyporus vaporarius* Pers., der die sogenannte Trockenfäule hervorruft. Die wichtige Frage, wie diese Pilze das Bauholz befallen, ist bisher noch zweifelhaft geblieben. Von der einen Seite²⁾ wird die Ansicht vertreten, daß das Holz schon von den Mycelien befallen sei, wenn es für die Bauten ver-

¹⁾ Wenn man die Fruchtkörper vor ihrer vollständigen Ausbildung entfernt, dann entstehen sie immer wieder von neuem. Erst ein ausgebildeter Fruchtkörper, dem alle Nährstoffe der Mycelien zugeführt sind, kann mit Erfolg beseitigt werden.

²⁾ Hennings Hedwigia 1903 S. 178.

wendet wird, nach der Meinung der anderen¹⁾ soll die Infektion in der Zeit des Baues resp. in dem Hause selbst durch Übertragung der Sporen erfolgen können. Da ich seit mehreren Jahren mit der Kultur der holzzerstörenden Pilze beschäftigt bin, haben mich auch diese Fragen lebhaft interessiert, und ich habe deshalb mit den Fruchtkörpern der genannten beiden Holzzerstörer besondere Versuche angestellt, um den sicheren Nachweis zu erbringen, daß sie ebenfalls befähigt sind, ihre Sporen in der beschriebenen Art in den Raum hinein zu verbreiten und so eine weitgehende Infektion herbeizuführen. Aus später ersichtlichen Gründen habe ich die Versuche in der Art ausgeführt, daß ich in geschlossenen Schränken Papieretagen nach Art aufgestapelter Bretter übereinander anordnete und unmittelbar unter die Etage je einen normal gebildeten Fruchtkörper dieser beiden Pilze in normaler Lage aufstellte. Die Versuchsräume waren $\frac{1}{4}$ —2 Quadratmeter groß und enthielten Papieretagen aus 5—15 Papierstreifen, die beiderseits einen Raum von 20—30 cm für das Aufsteigen der Sporen freiließen. In allen Fällen wurden die Sporen beider Pilze über sämtliche Etagenblätter verbreitet, genau so, wie wir das in den ersten Kapiteln dieser Arbeit kennen gelernt haben. Hierdurch ist zunächst der Beweis erbracht, daß diese beiden Holzzerstörer ihre Sporen selbsttätig in den umgebenden Raum verbreiten, und daß sie insbesondere befähigt sind, die in ihrer Nähe befindlichen Oberflächen bearbeiteter Hölzer auf das gründlichste zu infizieren. Hiernach mußte ich mir sagen, daß die Infektion des Bauholzes auf diesem Wege nur dort erfolgen kann, wo in seiner Nähe die Bedingungen für eine Fruchtkörperentwicklung gegeben sind. Auf einem Neubau oder in neu erbauten Häusern, wo die Zerstörung am häufigsten und gefährlichsten eintritt, kann dies niemals der Fall sein, und wir müssen uns danach umsehen, wo das Bauholz auf seinem Wege bis zum Verbräuche solche Bedingungen vorfindet. In erster Reihe kommen die Holzlagerplätze in Betracht, zunächst diejenigen, wo die Bearbeitung erfolgt, dann die städtischen Holzplätze der Zwischenhändler. Schon im Spätherbst 1902 besuchte ich infolge dieser Überlegung einen der größten Holzlagerplätze hier in Breslau und war nicht wenig erstaunt, als ich in einem großen Teile des Holzlagers sämtliche Hölzer, die als Unterlage für die aufgestapelten Bretter dienten und der feuchten Erde direkt auflagern, mit mächtigen Fruchtkörpern des *Polyporus vaporarius* in ihrer ganzen Ausdehnung bewachsen fand. Die letzteren waren meist seitlich zur Ausbildung gelangt, nach dem Typus des Bildes 7 auf Tafel VI, — weil das als Unterlage dienende Holz selten hohl lag. Wenn mir die Aufgabe gestellt würde, eine Anordnung zu treffen, um sämtliche Bretter eines Holzlagers mit den Sporen von *Polyporus vaporarius* zu bestreuen, dann wüßte ich keine bessere Anordnung zu treffen, als sie hier von selbst gegeben ist²⁾. Aus diesem Grunde

¹⁾ C. von Tubeuf, in Hartig, Der echte Hausschwamm. Berlin 1902.

²⁾ Ebenso wie den *P. vaporarius* habe ich die Fruchträger von *Lenzites sepiaria* L. und von *Coniophora cerebella* (Pers.) auf den von mir seither besuchten Holzplätzen meistens vorgefunden.

habe ich auch die Versuche über die Sporenverbreitung analog den aufgestapelten Brettern mit etagenförmig angeordneten Papierstreifen ausgeführt, und wir haben ja konstatiert, wie sie von den Sporen bestreut wurden. Die Infektion kann aber weiter zurück schon im Walde stattfinden, wo die Schnittflächen der gefällten Bäume oft lange Zeit frei daliegen. Hier soll der *Polyporus vaporarius* auf alten Kiefern oder Fichtenstämmen vorkommen, ja ich vermute, daß er hier ähnlich wie *Daedalea unicolor* (Tafel V) noch eine höher differenzierte Gestalt besitzt, die als besondere Art beschrieben ist. Die Fruchtkörper von *Polyporus vaporarius* sah ich in Kellern etc. niemals in ihrer normalen Ausbildung mit sporenverstreuenen Basidien auftreten, dagegen bilden sie sich in kurzer Zeit normal aus, wenn ich das befallene Holz an geeignete Stellen ins Freie auf die Erde lege. Jedes kleinste Holzstückchen kann sich auf der Unterseite mit einem Fruchtkörper bedecken, der sofort keimfähige Sporen verbreitet und damit fortfährt, bis sein Zerfall eintritt. Die Fruchtkörper von *Polyporus vaporarius* werden im Freien wohl überall auf der Unterseite alten Holzes verbreitet sein, wo sie sich der Beobachtung leicht entziehen. Wenn ich hier noch hinzufüge, daß jede Spore von *Polyporus vaporarius* schon nach wenigen Stunden (8—16) mit einem kräftigen Keimschlauch auswächst, daß die Auskeimung ebensogut erfolgt in destilliertem Wasser wie in beliebigen neutralen, sauren oder schwach alkalischen Nährlösungen, und daß die Mycelien, auf beliebiges Holz übertragen, dies sofort angreifen, durchwachsen und auf kleinen Stücken schon nach 3—5 Monaten wieder Fruchtkörper bilden, dann kann es nicht mehr zweifelhaft sein, wie und wo bei diesem Pilze die Infektion des Bauholzes erfolgt¹⁾.

Auch die Fruchtkörper des Hausschwammes sind offenbar im Freien an Zäunen etc. weiter verbreitet als man dies annimmt. Da sie sich an der Unterseite der Substrate erst bei Beginn des Winters bilden und schnell wieder vergehen, entziehen sie sich sehr leicht der Beobachtung. Auf Holzplätzen fand ich den Erdboden unter den Bretterstapeln meterweit mit den Fruchtkörpern des Hausschwammes dicht überzogen. Aber auch im Walde kommt der *Merulius* schon vor, er ist hier an Baumstümpfen als Saprophyt verschiedentlich beobachtet worden²⁾. Es ist vielleicht nur ein Zufall, daß ich im Oktober 1903 in dem alten Waldbestande des Forstbezirkes Neumühl bei Küstrin, den ich in der Absicht besuchte, dort holzerstörende Pilze zu suchen, gleich auf meiner ersten Exkursion den echten *Merulius lacrymans* als Zerstörer der Holzsubstanz eines lebenden Baumes fand. Der kräftig gewachsene stattliche Baum war durch den Sturm etwa in Mannshöhe umgebrochen, weil das ganze Kernholz und ein großer Teil

¹⁾ Die ausführlichen Untersuchungen über die Bedingungen der Sporenkeimung, des Wachstums etc. bei diesem und den übrigen holzerstörenden Pilzen werde ich in einer späteren Arbeit, welche lediglich dieses Thema betrifft, mitteilen, sobald ein gewisser Abschluß erreicht ist.

²⁾ Hennings l. c. und von Tubeuf l. c.

des Splintholzes von der Wurzel her etwa bis zur Höhe von 3 Meter völlig zerstört war. Dasselbe war von Quer- und Längsrissen allseitig zerspalten, braun verfärbt und mit den Fingern zu Pulver verreiblich. In der Richtung von unten nach oben war es von flachen und vielseitig verzweigten Mycelsträngen durchzogen, genau so wie sie bei stark von *Merulius* zerstörtem Bauholz, nachdem es braun und brüchig geworden ist, so auffällig in die Erscheinung treten. Der Anblick überzeugte mich sofort, daß hier ein dem *Merulius* mindestens sehr nahestehendes Mycel die Zerstörung herbeigeführt haben müsse. Der Zufall war mir aber noch weiter günstig, daß ich gleich an Ort und Stelle die zugehörigen Fruchtkörper fand. Durch die Kraft des Falles waren größere und kleinere Stücke des Holzes aus dem Baum herausgeschleudert und lagen seit einigen Monaten unberührt überall um den Baum herum auf dem feuchten Waldboden. Als ich diese Stückchen aufhob, fand ich sie fast ausnahmslos auf der Unterseite mit den Fruchtkörpern des *Merulius lacrymans* überzogen. Selbst Stückchen, die nicht größer waren als 10 Kubikzentimeter, hatten entsprechend kleinere Fruchtkörper gebildet. Da hier ein Irrtum ausgeschlossen ist, beweist dieser Fund, daß der echte Hausschwamm, wie das Hennings vermutet hat, auch als Parasit die lebenden Bäume angreift und die völlige Zerstörung ihres Holzes herbeiführt. Wir sehen daraus weiter, daß jedes kleinste Stückchen des befallenen Holzes zur Fruchtkörperbildung und zur Sporenverbreitung schon im Walde befähigt ist. Da der Hausschwamm rhizomorphenartige Stränge bildet, ist er aber auch befähigt, im Boden weiter fortzuwachsen und die Bäume der Umgebung von der Wurzel her zu infizieren, wie dies bei dem von mir beobachteten Baume offenbar zutrifft. Für diese Studien sind aber dauernde Beobachtungen in alten Forstbeständen erforderlich. Nach den Angaben von Hennings fruktifiziert auch der Hausschwamm in Gebäuden nur verhältnismäßig selten. Ich selbst habe auch nur verhältnismäßig wenige Fruchtkörper aus Häusern erhalten können, trotzdem der Pilz hier in Breslau sehr verbreitet sein soll. Um Fruchtkörper zu erhalten, verfahre ich so, wie es die Beobachtung im Küstriner Walde mich gelehrt hat. Von dem Pilze zerstörtes Holz, wie es hier oft aus den Häusern entfernt wird, lege ich ins Freie, direkt auf den feuchten Erdboden an einen schattigen Platz und Sorge eventuell durch Anspritzen mit Wasser für genügende Feuchtigkeit. Es erscheinen dann oft schon nach einigen Wochen auf der Unterseite des Holzes die Fruchtkörper. Auch die übrigen Holzerstörer fruktifizieren unter diesen Bedingungen am ehesten¹⁾.

Diese Beobachtungen beweisen, daß die Fruchtkörper von *Merulius* schon im Walde und überall dort, wo altes Holz lagert, auch an Zäunen etc. vorkommen und daß die Sporeninfektion des Bauholzes hier leicht erfolgen kann.

Auch über die Bedingungen der Sporenkeimung des Hausschwamms habe

¹⁾ In geschlossenen Glaszylindern erzielt man nicht annähernd so günstige Resultate.

ich seit zwei Jahren umfassende Untersuchungen angestellt, doch will ich mich hier darauf beschränken, die Untersuchungen Möllers ¹⁾ zu bestätigen, daß nämlich die Sporen der im Freien gebildeten Fruchtkörper ausnahmslos in sauren Nährlösungen auf das leichteste auskeimen. Die aus den Sporen gezogenen Mycelien wachsen nicht bloß auf künstlichen Nährsubstraten, Brot etc., sondern auch auf sterilisierten feuchten Holzstücken, auf welchen sie in kurzer Zeit dieselben Zerstörungen hervorrufen, wie sie in den Häusern beobachtet werden. Die mitgeteilten Tatsachen erbringen den Beweis, daß die Infektion der Bauhölzer, noch bevor sie auf den Bau kommen, auf das leichteste erfolgen und daß die Zerstörung sogleich beginnen kann, wenn die einzige Bedingung für die Weiterentwicklung: die genügende Feuchtigkeit vorhanden ist. Nun besteht aber außer der Infektion durch die Sporen, die bei weitem überwiegt, noch diejenige durch vegetative Mycelien. Die Mycelien sind aber nicht bloß im Holz vorhanden, an den natürlichen Standorten gehen sie stets in die Umgebung, Sand, Erde etc., über. Brachte ich Holzstücke, die von dem besprochenen Pilz durchwachsen waren, in Sand, Kies, Koks oder dergleichen, so wurden diese allseitig durchwachsen. Wurde nun das infizierte Holzstück herausgehoben und ein pilzfreies Holzstück auf den unberührten Sand etc. aufgelegt, dann wurde das letztere ebenfalls sehr bald infiziert. Ebensogut infiziert natürlich myceldurchwachsenes Holz selbst und zwar um so kräftiger, je jünger die Mycelien sind. Das ganz zerstörte Holz aus Küstrin, auf dem bereits Fruchtkörper gebildet wurden, war nicht mehr infektiösfähig. Solange solches Holz in geschlossenen feuchten Gefäßen noch Mycelien auswachsen läßt, ist es auch noch infektiöskräftig. Wenn hierdurch die Quellen der Infektion erschöpfend klargelegt sind, dann sind damit auch schon die Mittel an die Hand gegeben, wie den Infektionen am besten vorzubeugen ist. Im Walde, wo die gefällten Bäume mit ihren offenen Wunden oft monatelang liegen bleiben, wird es unmöglich sein, die Fruchtkörper zu beseitigen und so die Infektion zu verhindern; die Luft wird hier stets mit den Keimen erfüllt sein. Dagegen wird es leicht sein, die verhältnismäßig kleine Infektionsfläche mit einer keimtötenden Lösung, etwa mit Kupfersulfatlösung, zu bestreichen, um die Infektion zu verhindern. Die weitere Verarbeitung der Hölzer wird man dann möglichst nicht in der Nähe der Wälder vornehmen, wo die Luft mit den Sporen erfüllt ist. Auf dem Bearbeitungs- und Stapelplatze sind die Infektionsflächen zu groß, als daß sie vor der Infektion durch die Pilzsporen geschützt werden können, hier ist dagegen das Auftreten der Fruchtkörper leicht zu vermeiden. Altes pilzbefallenes Holz, besonders als Unterlage, darf auf keinem Holzplatz geduldet werden, und das läßt sich auch sehr leicht erreichen, besonders wenn polizeiliche Vorschriften und geeignete Kontrolle hier einsetzen.

Wenn unter den Bedingungen, wie sie sich in Bauten vorfinden, *Merulius*

¹⁾ A. Möller, Über gelungene Kulturversuche des Hausschwammes aus seinen Sporen. Hedwigia 1903.

lacrymans und *Polyporus vaporarius* auch allen anderen Pilzen an Entwicklungsfähigkeit überlegen sind und deshalb hier als hauptsächliche Zerstörer vorkommen, so ist damit nicht bewiesen, daß bei Abwesenheit dieser Pilze das Bauholz von beliebigen anderen Basidiomyceten nicht ebenso gründlich zerstört werden könne, und es sind auch schon eine Anzahl solcher Beobachtungen bekannt geworden. Da wir bis heute nur die Fruchtkörper, nicht aber die Mycelien dieser Pilze unterscheiden können, so ist es zurzeit unmöglich, einen Basidiomyceten an der Gestalt seiner Mycelien mit Sicherheit mikroskopisch zu erkennen. Deshalb sind wir darauf angewiesen, die Fruchtkörperbildung herbeizuführen, wenn wir bestimmen wollen, welche Pilze an der Zerstörung eines beliebigen Holzes beteiligt sind. Die Bedingungen der Fruchtkörperbildung sind aber ebenfalls bei den meisten Basidiomyceten noch ganz unbekannt, und da wir gesehen haben, daß z. B. bei *Polyporus vaporarius* und *Merulius* das in einem kleinsten Holzstück enthaltene Mycel zur Fruktifikation ausreicht, so können wir aus dem Auftreten dieser Pilze in der Kultur doch nichts darüber aussagen, ob nicht andere Pilze in noch höherem Grade an der Zerstörung beteiligt waren¹⁾. Aus diesem Grunde bin ich seit zwei Jahren damit beschäftigt, die Mycelien der wichtigsten holzerstörenden Basidiomyceten aus ihren Sporen rein zu kultivieren, ihre morphologischen Charaktere vergleichend zu studieren und sie in ihrer Entwicklung bis zur Fruchtkörperbildung zu verfolgen. Das letztere ist mir außer den genannten Formen bereits gelungen bei *Coniophora cerebella*, *Armillaria mellea* (Vohl), *Lepiota mucida* (Schrad), *Lentinus squamosus* (Schaeff.), *Stereum hirsutum* (Pers.); von *Coprinus radians* Desm., *Lenzites sepiaria*, *Corticium giganteum* Fr., *Polyporus versicolor* L. u. a. ist eine Fruchtkörperbildung in den Reinkulturen bisher nicht aufgetreten.

Von scheinbar geringerer Bedeutung für den Haushalt des Menschen, aber von besonderem biologischen Interesse sind nun noch die mistbewohnenden Agaricineen, die stets in die Erscheinung treten, wenn Phäkalien von kräuterfressenden Tieren auf Wiesen, Heideflächen etc. längere Zeit unberührt feucht liegen bleiben. Nachdem die Flora der Mucorineen die leicht löslichen Bestandteile der Exkremente für sich verbraucht hat, kommen die Ascomyceten an die Reihe und meist zuletzt erst die Basidiomyceten, welche auch die unverdaulichen Rohfaserbestandteile restlos aufzehren. So ergänzen sich die Mycelien der verschiedenen Pilzklassen in ihrer ernährungsphysiologischen Aktion, die Phäkalien möglichst schnell und vollständig dem Kreislauf des Stoffwechsels wieder zuzuführen. Es fragt sich nun, wie die Verbreitung dieser Pilze erfolgt und wie sie die Phäkalien befallen. Schon im Jahre 1902

¹⁾ Das schließt natürlich nicht aus, daß bei sachkundiger Beurteilung die makroskopisch charakteristische Holzzerstörung, die *Merulius* bei intensiver Entwicklung erfahrungsgemäß herbeiführt, als vollgültiger Indizienbeweis dafür gelten kann, daß dieser Pilz die Zerstörung verursacht habe. In Fällen, die nicht von vornherein zweifelsfrei sind, wird sich aber nicht aussagen lassen, welcher Pilz die Zerstörung verursacht hat.

stellte ich Versuche an, welche hierüber Aufschluß geben sollten. Leguminosen-Sandkulturen wurden in geeigneter Art mit Pferdemist beschickt, welcher mit den Mycelien von *Chalymotta* und *Anellaria* durchwachsen war. Als die Versuchspflanzen sich auf der Höhe ihrer Entwicklung befanden, begannen auch die Pilze zu fruktifizieren, wie das die Figur 3 auf Tafel VI bei einem Erbsenversuch darstellt. Brachte ich die ganze Kultur während der Sporenverbreitung unter ein grösseres Glasgehäuse, dann waren bereits nach 2 Tagen sämtliche Blätter der Erbsenpflanze von den Sporen so gleichmäßig bestreut, daß man auf jedem Blatt mit einem kleinen Hölzchen Striche sichtbar machen konnte, die auch auf der Photographie mit einer Lupe zu erkennen sind. Die Blätter werden nun von Tieren gefressen und gelangen durch den Verdauungskanal der Tiere wieder in den Mist, wo sie den Kreislauf ihres Daseins von neuem beginnen. Von den *Coprinus*-formen eignet sich besonders der große mistbewohnende *Coprinus sterquilinus* für diese Versuche, der gewöhnlich schon fruktifiziert, wenn die Erbsen noch klein sind. Diesen Pilz habe ich mehrere Jahre in den Mistbeetkästen beobachtet, wie er alle Blätter der dort kultivierten Pflanzen gleichmäßig mit seinen Sporen bestreut hat. Die Figur 4 derselben Tafel zeigt uns, wie diese *Coprinus*-form, trotzdem sie ihre Sporen ausschleudert, auf die weitere Verbreitung der Sporen durch die Luftströmungen doch nicht verzichtet und alle Flächen des Raumes, wenn auch nicht in derselben Vollkommenheit, sichtbar mit ihren Sporen bestreut. Das Flüssigkeitströpfchen, das jede Spore aus der Basidie mit auf ihren Weg bekommt, dient vielleicht dazu, sie auf der Fläche, die sie erreicht, zu befestigen, sodaß sie vom Winde nicht so leicht wieder heruntergeweht werden kann. Auch die Sporen von *Chalymotta* waren auf den Versuchspflanzen noch am Ende des Vegetationsjahres nachzuweisen, wie es überhaupt auffällt, daß die auf den Flächen verbreiteten Sporen zumeist so fest ankleben, daß sie durch Pusten nicht mehr bewegt werden können.

Das biologische Bild No. 5, der Tafel VI, mit dem wir unsere Betrachtungen beschließen wollen, zeigt uns die Pilzflora auf Kuhdünger, der längere Zeit an einem geschützten Ort feucht gelagert hatte. Alle Typen der Mistbewohner, die ihre Sporen selbsttätig verbreiten, sind hier gleichzeitig vertreten. Zunächst überall auf dem Bilde als Vertreter der Mucorineen der *Pilobolus crystallinus* Wigg., dessen schwarze Sporangienköpfchen auf ihrem Schleuderapparat, dem hellen Schwellkragen, deutlich hervortreten, dann aus der Reihe der Ascomyceten zwei Formen von *Ascobolus*, von denen die größere ¹⁾ infolge ihrer weißen Umrandung, in

¹⁾ Dieser *Ascobolus* ist die größte Form, die bisher bekannt geworden ist. Die Apothecien sind bis 2 cm groß, haben eine grünlich-gelbe Scheibe und einen eingerollten kleig-weißen Rand. Die Schläuche sind 158–178 μ lang, in jedem Schlauch 8 Sporen; diese sind 21–26 μ lang, von eiförmiger Gestalt. Die Sporenmembran ist 2,6 μ breit, von brauner Farbe und von glatter ungezeichneter Oberfläche.

allen ihren Entwicklungsstadien auf der Photographie deutlich zu erkennen ist und endlich als Repräsentant der Basidiomyceten der *Coprinus Schroeteri* Karsten, welcher ebenfalls im Begriffe steht, seine Hüte zur Sporenverbreitung auf langen Stielen emporzuheben. Wenn wir nun in dem Raum über dem Mist einen beliebigen Körper freischwebend aufhängen, dann wird er von allen Seiten mit Pilzsporen beworfen. Der *Pilobolus* kehrt seine Köpfchen dem seitlich einfallenden Lichte zu und bewirft die Seitenflächen. Die Ascoboleen bewerfen die Unterseiten, an die sie ihre Sporen ebenfalls direkt anwerfen und ankleben, die *Coprinus*-formen endlich bestreuen die Oberseiten. Wie die Mycelien in den Funktionen des Abbaues der verschiedenen Nahrungsstoffe, so ergänzen sich die Sporenverbreitungsorgane der Pilze in den Funktionen des Befallens der verschiedenen Körperflächen ihrer Substrate.

Die Organisation als System von Lebenseinheiten.

Den Organen eines einzigen Organismus vergleichbar, ergänzen sich alle Typen des Pilzreiches zu der großen einheitlichen Arbeitsleistung des Abbaues der organischen Substanzen des Pflanzenreiches, die wiederum nur eine Teilfunktion ist im Zusammenwirken des gesamten Organismen-Reiches. Innerhalb der Familien vollziehen die Gattungen, im Bereiche der Gattung die Arten eine spezielle und immer mehr beschränkte Wirksamkeit. Die so der Art zufallende Arbeit leisten die Individuen, die in einem engsten Kreise von Lebensbedingungen die kleinste Einheit einer Lebensarbeit vollbringen. Im Individuum endlich sind die einzelnen Organe wiederum wie die Teile einer Maschine tätig, und jedes Organ vollzieht einen ganz bestimmten Teil der Lebenstätigkeit des Individuums. Dieser eng begrenzten Aufgabe entspricht seine scharf umschriebene Funktion, und der präzise stoffliche Ausdruck für diese Funktion ist die Gestalt. Gestalt und Funktion einzelner Organe sind deshalb, unserem Bedürfnis nach gesetzmäßigem Geschehen gemäß, am leichtesten zu analysieren.

Die Organe sind für den Organismus tätig, in ihm liegen ihre Lebensbedingungen, er repräsentiert ihre Lebenseinheit.

Die Individuen der Arten, Gattungen etc. sind aber in der Außenwelt tätig in einem engeren oder umfassenderen allgemeinen Komplex von Lebensbedingungen, mit welchem sie Lebenseinheiten höherer Ordnung bilden. So bildet auch jeder einzelne Organismus erst, mit seinen ganz speziellen Lebensbedingungen vereint, ein wirkliches Ganzes, das seine Lebenseinheit darstellt.

Indem die einzelnen Individuen sich unter ihren bestimmten Lebensbedingungen entwickeln, vollziehen sie bestimmte Lebensaufgaben für die eigene und zugleich für jede höhere Lebenseinheit.

Diese Aufgaben aber enthalten die Gesetze, nach denen alle Organismen sich entwickeln und zusammenwirken müssen zu einer höchsten Lebenseinheit — für ein allerhöchstes Ziel.

Figurenerklärung.

Tafel I.

Sporenbilder auf der Unterlage.

- Fig. 1. Sporenverbreitung in charakteristischen Bogenlinien auf einer Unterlage von schwarzem Papier in einem flachen geschlossenen Raum ohne Licht- und Wärmestrahlung. Segment eines Fruchtkörpers von *Agaricus nebularis*. Verkl. 4 : 1.
- Fig. 2. Gleichmäßige Sporenverbreitung unter denselben Bedingungen wie in Fig. 1 durch einen Fruchtkörper von *Polyporus squamosus*. Vor der Bestreuung wurden winkelförmig zugeschnittene Papierstreifen und Papierbuchstaben auf das schwarze Papier gelegt und nachher fortgenommen, um die gleichmäßige Bestreuung kenntlich zu machen. Verkl. 7 : 1.
- Fig. 3. Sekundäre Verbreitungslinien von Nordost nach Südwest in einem flachen dunklen Raum. Die primär nach allen Richtungen hin gleichmäßig ausstrahlenden Verbreitungslinien biegen in scharfen Kurven um und verlaufen in der Richtung des Temperaturgefälles (nach Südwesten) von der warmen nach der kalten Seite des Zimmers hin. Kleiner Fruchtkörper von *Agaricus violaceus*. Verkl. 6 : 1.

Tafel II.

Sporenverbreitung im Raum (1—5).

- Fig. 1. Sporenverbreitung auf den Flächen in einem geschlossenen Raum (breiter Glaszylinder). Sekundäre Verbreitungslinien in der Wirkungsrichtung der Lichtstrahlen. Die Unterlage sowie die unterste und oberste Etagenscheibe sind am stärksten bestreut. Der Fruchtkörper (*Agaricus nebularis*) ist unter der untersten Etagenscheibe aufgestellt. Verkl. 5 : 1.
- Fig. 2. Sporenverbreitung in der Richtung von unten nach oben auf Fensterblättchen in einem nach oben verlängerten Raum (aufeinander gestellte Glaszylinder). Der Fruchtkörper (*Agaricus nebularis*) ist unter der Lampenglocke aufgestellt. Verkl. 11 : 1.
- Fig. 3. Ein Fensterstreifen aus dem obersten Zylinder vom Versuche der Fig. 2 mit zurückgebogenen Fenstern auf einer ebenen Fläche befestigt, zeigt die Bestreuung der Fensterblättchen. Verkl. 7 : 1.
- Fig. 4. Sporenverbreitung in der Richtung von oben nach unten in einem großen Glaszylinder wie in Fig. 1. Der Fruchtkörper von *Polyporus squamosus* (entsprechend zugeschnitten) befindet sich unter der obersten Etagenscheibe und ist wie diese zentral an demselben Stabe befestigt. Radiale Verbreitungslinien, unabhängig von sekundären Einflüssen. Verkl. 5 : 1.

- Fig. 5. Sporenbilder auf runden Pappscheiben aus einem Versuch in der Anordnung wie in Fig. 4, aber mit bodenständigem (unterhalb der Etage) Fruchtkörper, in einem dunklen Zimmer mit Temperaturgefälle wie in Fig. 3, Tafel I. Links das größte Blatt ist die Unterlage, die übrigen Blätter folgen von links nach rechts, wie sie übereinander in der Etage angeordnet waren. Sekundäre Verbreitungslinien zumeist in der Richtung des Temperaturgefälles. Verkl. 5 : 1.
- Fig. 6. Zwei Basidiomycetenfruchtkörper, die ihre Sporen durch den Wind verbreiten lassen. *Lycoperdon piriforme* bietet seine Basidiensporen als leicht verstäubbares, in einem Fasergeflecht verteiltes Pulver in scheibenförmiger Verbreiterung der Einwirkung des Windes dar. Verkl. 2 : 1.
- Fig. 7. Sporenverbreitungsbild eines *Ascomyceten*: Sporenhof eines Fruchtkörpers von *Gyromytra esculenta* auf schwarzem Papier. Verkl. 2 : 1.

Tafel III.

Sporenbilder in zeitlicher Folge und Bedeutung des Stiels.

- Fig. 1. Stündliche Sporenbilder eines Fruchtkörpers von *Agaricus violaceus* auf schwarzem Papier. Bei seitlicher Beleuchtung photographiert. Verkl. 9 : 1.
- Fig. 2. Sporenbilder desselben Pilzes in einem auf dem Klinostaten gedrehten Raum. Links bei gleicher Versuchsaufstellung am Licht, rechts ein mehrstündiges Sporenbild im Dunkelmzimmer mit Temperaturgefälle. Verkl. 9 : 1.
- Fig. 3. Sporenbilder einzelner Segmente eines Fruchtkörpers von *Polyporus squamosus*, welche in verschiedenen (auf dem Bilde angegebenen) Entfernungen von der Unterlage mit Hilfe einer Stecknadel gestielt waren. In der Entfernung von 6 mm beginnt die Verbreitung, doch besitzen die Röhren noch ihre eigenen Strömungen, bei 8 mm gehen sie ineinander über; bei 10 mm fällt noch ein Teil der Sporen senkrecht herunter. Verkl. 7 : 3.
- Fig. 4. Sporenverbreitungsbilder einzelner Segmente eines Fruchtkörpers von *Agaricus nebularis* in Entfernungen von 2, 4, 5, 6, 7 und 13 mm von der Unterlage wie in Fig. 3 aufgestellt. Verkl. 5 : 1.
- Fig. 5. Fruchtkörper von *Agaricus galericulatus* mit unterirdischem Stiel von unbegrenztem und oberirdischem Stiel von begrenztem Wachstum. Verkl. 5 : 2.
- Fig. 6. Losgetrennte Lamellen von *Agaricus violaceus*, einseitig auf Bindfäden aufgezogen und unter einer Etage von schwarzem Papier in der Längsrichtung freischwebend aufgehängt, haben ihre Sporen auf der Unterlage und auf den Etagenblättern verbreitet. Verkl. 5 : 1.
- Fig. 7. Einzelne Lamellen desselben Pilzes auf ausgespannte Fäden, 3 cm von der Unterlage entfernt, flach aufgelegt, verbreiten die Sporen ihrer Unterseiten wie in Fig. 6. Unter den Lamellen ist ein Schälchen mit Wasser aufgestellt. Verkl. 5 : 1.
- Fig. 8. Ein umgekehrt mit dem Stiel nach oben aufgestellter junger Fruchtkörper von *Agaricus nebularis* mit abgetragener Oberseite und aufgeschnittenen Lamellen, (sodaß sie beiderseits offen sind und nur durch den kreisförmig stehengebliebenen Rand zusammengehalten werden), verbreitet seine Sporen ebenfalls in den umgebenden Raum. Das Bild zeigt nur die von unten her erfolgte Bestreuung einer die Lamellen bedeckenden Papierscheibe. Verkl. 5 : 1.

Tafel IV.

Orientierung der resupinaten Fruchtkörper des Hausschwammes (1—4).

- Fig. 1. Biologisches Bild der Fruchtkörperbildung des Hausschwammes an einem von dem Pilze befallenen Bretterzaun. Die Bildung erfolgt nur an der horizontalen Unterseite des untersten Querbalkens und geht noch eine Strecke weit abwärts (etwa bis zur Schattengrenze) auf die vertikalen Bretterflächen über. An der Oberseite des Querbalkens — an beliebigem Orte — wachsen die gestielten Fruchtkörper von *Naucoria amara*, deren Mycelien ebenfalls das Holz bewohnen. Verkl. 10 : 1.
- Fig. 2. Ein Fruchtkörper von *Merulius lacrymans* von dem Zaun der Fig. 1 losgelöst und in seiner natürlichen Lage und Größe mit etwas nach oben gebogener Horizontalfläche photographiert, zeigt, wie die Hymenophore nur an der wagrechten Unterseite des Querbalkens reich und normal ausgebildet sind, daß sie dagegen an den senkrechten Flächen nur als flache Erhabenheiten zu erkennen sind. Wenig verkl.
- Fig. 3. Ein junger kleiner Fruchtkörper von *Merulius lacrymans*, an der Unterseite eines infizierten Holzstückes im Freien kultiviert, zeigt die normale Differenzierung der Hymenophore. Natürl. Gr.
- Fig. 4. Stück eines Fruchtkörpers des Hausschwammes, der auf der Oberseite einer Holzdielle gewachsen ist, trägt warzenartige Hymenophore, ähnlich wie *Coniophora* (Fig. 5). Ein kleiner Teil desselben Fruchtkörpers ist an der Unterseite gewachsen und zeigt dort normale Hymenophore (unten rechts in der Ecke der Photographie). Schwach verkl. (Mit der Lupe anzusehen!)
- Fig. 5. *Coniophora cerebella*-Fruchtkörper auf höckerigem Erdboden im Freien kultiviert. Natürl. Gr.
- Fig. 6. Orientierung stielloser Fruchtkörper von *Polyporus versicolor* an einem von dem Pilze befallenen dickeren Holzaste. Verkl. 6 : 1.

Tafel V.

Fruchtkörper-Orientierung stielloser Polyporeen.

- Fig. 1. Biologisches Bild der Fruchtkörperbildung von *Polyporus adustus* (*Polyporus hirsutus*, *Daedalea unicolor*) an dem alten Baumstumpfe einer Pappel. An den vertikalen Seitenflächen wächst der Pilz horizontal in Konsolenform. An der Oberfläche sind die Fruchtkörper trichterförmig schräg nach oben gerichtet. Verkl. 6 : 1.
- Fig. 2. Resupinate, formlose unbegrenzte Fruchtkörper desselben Pilzes mit feinen, sehr kurzen Röhren. Auf der Unterseite des gespaltenen Holzes in geschlossenen Glaskästen kultiviert. Verkl. 3 : 2.
- Fig. 3. Kleinster, begrenzter, resupinater Fruchtkörper desselben Pilzes mit stärker ausgebildeten, längeren Röhren und von einem fädigen weißen Mycelhof umgeben; an der Unterseite eines infizierten Holzstückes im Freien kultiviert. Verkl. 3 : 2. (Lupe!)
- Fig. 4. Fruchtkörper desselben Pilzes, nach dem Typus der Fig. 3 gebildet, die Röhren aber seitlich zum Fruchtkörper (nach unten) gestellt; an einer schräg nach unten gerichteten Fläche des infizierten Holzes gewachsen. Verkl. 3 : 2. (Lupe!)

- Fig. 5. Resupinate Fruchtkörper von *Polyporus vaporarius*, auf der Unterseite eines infizierten Holzstückes in normaler Ausbildung gewachsen, im Freien kultiviert. Verkl. 5 : 4.
- Fig. 6. Erneuerte labyrinthförmige Hymenophorenbildung, auf demselben Holzstück in derselben Lage nach Entfernung des alten Fruchtkörpers direkt auf dem myceldurchwachsenen Holz gebildet. Verkl. 5 : 4.
- Fig. 7. Fruchtkörper von *Polyporus vaporarius*, an den Seitenflächen mit vertikal gestellten, langgezogenen, nach außen offenen Röhren. Reinkultur, von einer Spore ausgehend, auf Kiefernholz in einem geschlossenen Glasgefäß. Natürl. Gr.
- Fig. 8. Fruchtkörperbildung desselben Pilzes auf der Oberseite des infizierten Holzes mit sparassisartig nach oben wachsenden Hymenophoren; Reinkultur wie vorher. Vergr. 5 : 6.

Tafel VI.

Sporenverbreitung der Mistbewohner.

- Fig. 1. Zwei Fruchtkörper von *Chalymotta campanulata* haben ihre Sporen auf die Oberfläche der eigenen Hüte und auf eine darunter befindliche Porzellanplatte verbreitet. Verkl. 7 : 5.
- Fig. 2. Sporenverbreitung desselben Pilzes auf der Unterlage (in der Wirkungsrichtung der Lichtstrahlen) und auf den Fensterblättchen in einem über dem Hute befindlichen geschlossenen Raum.
- Fig. 3. Die Fruchtkörper desselben Pilzes, zugleich mit einigen Erbsenpflanzen in Sandkulturen gezogen, haben ihre Sporen auf die Oberfläche sämtlicher Blätter der meterhohen Erbsenpflanzen verbreitet. Unter einem großen Glaszylinder ist die Bestreuung eine so ausgiebige, daß man auf den Blättern mit einem Hölzchen Striche ziehen kann, die in der Photographie mit der Lupe auf den nach oben gekehrten Blättern schwach sichtbar sind. Verkl. 5 : 1.
- Fig. 4. Zwei in der Sporenverbreitung begriffene und dabei zerfließende Hüte von *Coprinus sterquilinus*, auf Pferdemist in einer Glasschale kultiviert, verbreiten ihre Sporen in den Raum eines Glaszylinders und bestreuen die oberhalb und unterhalb des Hutes befindlichen Papierscheiben. Verkl. 5 : 1.
- Fig. 5. Biologisches Pilzvegetationsbild auf Kuhmist. Links auf dem Bilde aus der Familie der Phycomyceten eine ganze Herde von *Pilobolus crystallinus*, der die Seitenflächen der über der Pilzvegetationsfläche wachsenden Pflanzenteile bewirft. Rechts aus der Klasse der Ascomyceten eine große Ascobolusform (in allen ihren Entwicklungsstadien), die ihre Sporen an die Unterseite der Blätter und anderer Pflanzenteile wirft und anklebt, und endlich als Vertreter der Basidiomyceten die noch geschlossenen Hüte des *Coprinus Schroeteri*, welche nach der Streckung des Stieles auch noch die Oberflächen mit ihren Sporen bestreuen. Die so mit Pilzsporen infizierten Pflanzenteile werden gefressen und die Keime gelangen in den Dünger zurück. Verkl. ca. 5 : 3.

Breslau, Pflanzenphysiologisches Institut, im November 1904.

